

GESTIÓ DE LA QUALITAT

**CFGS Desenvolupament de projectes d'instal·lacions de fluids,
tèrmiques i de manutenció.**

Crèdit núm. 10: Gestió de la qualitat en el disseny

Professor: Francesc X. BARCA SALOM

Crèdit núm. 10: Gestió de la qualitat en el disseny

1.- Qualitat.....	6
2..1 La qualitat a l'empresa	
2..2 Les necessitats del client	
2..3 La satisfacció del client	
2..4 Activitats	
2.- Qualitat en el disseny.....	13
1. 2.1.- El procés de disseny	
2. 2.2.- Etapes del procés de disseny	
3. 2.3.- Control del disseny	
4. 2.4.- Anàlisi Modal de Fallades i Efectes (AMFE)	
5. 2.5.- Activitats	
3.- Qualitat en les compres.....	19
1. 3.1.- Les especificacions	
6. 3.2.- La fitxa d'especificacions	
7. 3.3.- Homologació dels proveïdors	
8. 3.4.- Avaluació del proveïdors	
9. 3.5.- Activitats,	
4.-Qualitat en els productes.....	29
10. 4.1.- Control de qualitat.	
11. 4.2.- Modalitats d'inspecció	
12. 4.3.- Anàlisi estadística de dades	
13. 4.4.- Mesures de centralització	
14. 4.5.- Mesures de dispersió	
15. 4.6.- Probabilitat	
16. 4.7.- Distribució de probabilitat	
17. 4.8.- Distribució binomial	
18. 4.9.- Distribució normal	
19. 4.10.- Els gràfics de control	
20. 4.11.- Activitats	
5.- Qualitat i recursos humans.....	59
21. 5.1.- Els recursos humans	
22. 5.2.- La formació de personal	
23. 5.3.- Motivació i implicació del personal	
24. 5.4.- Mètodes participatius	
25. 5.5.- Pluja d'idees	
26. 5.6.- Diagrama de Pareto	
27. 5.7.- Diagrama Causa-Efecte	
28. 5.8.- Diagrama de dispersió	
29. 5.9.- Test de correlació de les medianes	
30. 5.10.- Càlcul de paràmetres en una anàlisi bivariant.	
31. 5.11.- Exercicis	

32.	
6.- Els costos de qualitat.....	79
6.1.- Els costos d'anomalies internes	
6.2.- Els costos d'anomalies externes	
6.3.- Costos de detecció	
6.4.- Costos de prevenció	
6.5.- Càlcul de costos de qualitat	
6.6.- Activitats.	
7.- La Normalització.....	88
7.1.- Definició de Norma	
7.2.- Història de la Normalització	
7.3.- Objectius de la Normalització	
7.4.- Què contenen les normes	
7.5.- Qui normalitza i com	
7.6.- Normatives de qualitat	
7.7.- Acreditació	
8.- La Certificació.....	95
8.1.- Objectius de la Certificació	
8.2.- Qui certifica i com.	
9.- La ISO 9000	99
9.1. Parts de la ISO	
9.2. Documents d'un sistema de qualitat	
9.3. El manual de qualitat	
9.4. El manual de procediments	
9.5 Els registres	
10.- Assaigs de materials.....	106
10.1.-Classificació dels assaigs de materials	
10.2.- Assaig de característiques: anàlisi tèrmic	
10.3.- Assaig de propietats mecàniques (assaigs destructius)	
10.4.- Assaig de defectes (assaigs no destructius)	
11. Metrologia.....	133.
11.1.- Metrotècnia	
11.2.- Eines de verificació i comprovació	
11.3.- Patrons de mesura	
11.4.- Patrons de longitud	
11.5.- Patrons d'angle	
11.6.- Mesures de comprovació de longituds	
11.7.- Mesura i comprovació d'angles	
11.8.- Exercicis	
12. Control metrològic.....	149
12.1 Conceptes fonamentals	
12.2 Calibració i patrons	
12.3 Expressió del biaix i de la imprecisió	

12.4 El pla de control metrològic

Paco Varela es un arquitecto que dirige la ejecución de obras de ingeniería compleja. Para ciertas operaciones de construcción necesita brocas para hormigón de alta tecnología, hasta ahora importadas de Alemania. Sin embargo, pese a la fama de gran calidad de los productos de este país, no está satisfecho de los resultados, pues se rompen con cierta facilidad.

En una reunión con un compañero de profesión han comentado el problema, y éste le ha dicho que él utiliza brocas japonesas de la marca Kandu, que tienen una calidad excelente, como todos los productos japoneses.

Paco ha encargado al jefe de compras de su empresa que busque al fabricante de la marca Kandu, para hacerle un importante pedido de brocas especiales de alta tecnología.

Después de unos días, el jefe de compras ha conseguido localizar al fabricante. Las brocas no han resultado ser japonesas, sino que se producen en una pequeña empresa situada en un valle del Goierri, en Guipúzcoa. En esa empresa se presta una especial atención a la calidad.

A partir de una tecnología propia, a cuyo desarrollo Kandu dedica gran cantidad de tiempo y dinero, se realiza un riguroso control de las materias primas y del proceso de fabricación.

Todas las personas de la empresa tienen una amplia formación para realizar las tareas encomendadas y existe una gran preocupación de todos por trabajar con calidad.

Por otra parte, el servicio al cliente es impecable, y periódicamente se realizan investigaciones entre los clientes para averiguar su grado de satisfacción con los productos y servicios de la empresa y cuáles son sus nuevas necesidades. De esta forma Kandu puede adaptarse permanentemente a las necesidades de sus clientes y así mantener su competitividad en el mercado.

El resultado de esta preocupación por la calidad es una empresa que ofrece productos con una calidad «japonesa» *made in Spain*.

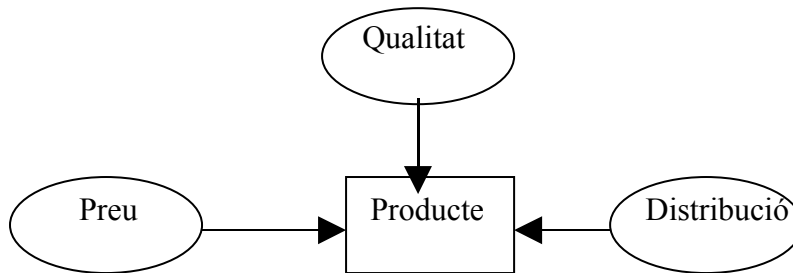
Los tópicos acerca de los productos alemanes o japoneses y la baja calidad de los productos españoles muchas veces no son ciertos.

• ¿Por qué Kandu ha obtenido niveles de calidad tan altos?

• ¿Cuál es la relación de Kandu con sus clientes?

1.- QUALITAT

Hi ha tres paràmetres que determinen la venda d'un producte o d'un servei: el preu, la qualitat i la distribució.



ACTIVITAT

1. Escribe en un paper què creus que es vol dir quan es parla de qualitat.

Qualitat: *La totalitat de funcions del producte o servei que satisfan les necessitats específiques.*

2. Es diu que la qualitat és la clau de la competitivitat per quatre raons:
 - a) l'excés d'oferta.
 - b) la maduresa dels mercats.
 - c) la liberalització dels mercats.
 - d) el canvi dels hàbits en els compradors.

Sabries explicar perquè?

Les empreses proporcionen bens y serveis als clients que poden quedar definits per uns atributs que poden ser de dos tipus:

Funcionalitats: *són les necessitats dels compradors que es veuran satisfetes quan compri aquest be. Les funcionalitats són subjectives*

Característiques: *són les especificacions pròpies del be que es poden mesurar. Les característiques són objectives*

3. Escribe quines creus que són les funcionalitats i característiques d'un automòbil i d'un avió.

Aspectes	Automòbil	Avió
Funcionalitats		
Característiques		

Grau: Es parla de diferències de grau entre productes quan és referim a les diferències de funcionament del producte o del servei i dels nivells de refinament.

ACTIVITAT:

1. Els hotels estan classificats per nombre d'estrelles per nombre d'estrelles. Això vol dir que sols el de cinc estrelles podrà assolir la qualitat?. Raona la resposta.

Classe: Quan parlem de diferències de classe ens referim a les diferències del propòsit de determinat producte o servei

ACTIVITAT:

2. Quan compares un Rolls Royce amb un Renault Clio, creus que sols pot assolir la qualitat el primer? Quins factors creus que intervenen?

1.1.- LA QUALITAT A L'EMPRESA

Per aconseguir uns productes o uns serveis de qualitat calen tres instruments:

1. La identificació de les necessitats dels clients i usuaris.
2. La satisfacció de les necessitats.
3. L'obtenció dels productes o serveis al menor cost.

ACTIVITAT:

4. Escribeu algunes maneres en què es poden aplicar a les empreses aquests tres instruments:

<i>Instruments</i>	<i>Mètodes</i>
La identificació de les necessitats dels clients i usuaris	
La satisfacció de les necessitats	
L'obtenció dels productes o serveis al menor cost	

5. Descriu quines creus que són les necessitats dels clients d'una hamburgueseria.

El hotel El Paraíso está ubicado en la Costa del Sol. Fernando Martínez es el dueño del hotel y sabe que la forma de mantener a los clientes, año tras año, durante sus vacaciones consiste en tener una calidad excelente.

Por eso, se esmera en la limpieza de las habitaciones, en la amabilidad en el trato a los clientes, en la variedad de las comidas, en el confort de los salones de diversión y en todos los elementos de calidad de un hotel.

Pero también sabe que el resto de hoteles competidores ofrece unos servicios tan buenos como los suyos.

Se pregunta qué más podría ofrecer a los clientes para mejorar la calidad del hotel El Paraíso. Se le ha ocurrido que posiblemente sean los clientes los que le expresen sus necesidades, y ha preparado una pequeña encuesta, que deja en las habitaciones para que los clientes sugieran mejoras en el servicio.

La mayoría de las veces los clientes no contestan o las utilizan para quejarse de cosas que no funcionan a su gusto. Con esta información, Fernando va corrigiendo los defectos de funcionamiento del hotel.

En una de las sugerencias de los clientes aparecía una muy curiosa: planteaba el problema que le surgía por las mañanas después de ducharse. No podía afeitarse bien porque el espejo estaba tan empañado que no se veía, y si lo limpiaba, se volvía a empañar inmediatamente.

Al principio, Fernando pensó que era una tontería caprichosa del cliente, pero después decidió que al cliente siempre hay que satisfacerle y pensó en cómo mejorar la calidad de su servicio.

Mandó instalar una pequeña resistencia en los espejos de las habitaciones, como las de los coches para desempañar los cristales, y de esta manera satisfacer esa necesidad de los clientes y continuar mejorando la calidad del hotel para ser más competitivo y hacer fieles a los clientes.

- ¿Cómo ha descubierto Fernando una nueva necesidad de los clientes?

- ¿Por qué necesita el hotel El Paraíso mejorar permanentemente la calidad?

1.2.- LES NECESSITATS DEL CLIENT

ACTIVITAT

1. La primera fase per a determinar les necessitats del client és identificar-lo. Escriu en cada un dels exemples següents qui et sembla que és el client.

Empresa	Client
Una empresa que fabrica motors elèctrics	
Una empresa que fabrica vídeos DVD	
Un laboratori farmacèutic	

2. Identifica els clients d'una fàbrica d'electrodomèstics, d'un banc i d'una fàbrica de cervesa.
3. Els clients tenen una sèrie de característiques generals que caldrà tenir sempre en compte. De la llista següent de característiques digués quines creus que són habituals i quines no. Afegeix alguna altra característiques que creguis que cal tenir en compte.

Característica	Si	No
1. El client és previsible, sempre actua de la mateixa manera		
2. El client no expressa els seus desigs clarament		
3. El client encara que no estigui satisfet es manté com a client		
4. El client és imprevisible. No sempre actua per raons de racionalitat		
5. El client és fidel		
6. El client canvia de proveïdor quan no està satisfet		
7. El client no sempre sap el que vol		
8. El client no és exigent		
9. El client està disposat a canviar al mínim defecte		
10. El client vol ser tractat individualment i de manera diferenciada		
11. Un client insatisfet pot perjudicar el prestigi de l'empresa		
12. Altres.....		

4. Conèixer el perfil de client és molt important. Amb les dades obtingudes en l'exercici anterior escriu de major a menor les característiques més importants del client.

Necessitats:

Les necessitats dels clients corresponen a tres tipus d'exigències de qualitat.

- a) **qualitat requerida:** que correspon allò que el client vol i que considera que és indispensable.
- b) **qualitat esperada:** que correspon a allò que el client vol com a complement. Es denomina expectatives.
- c) **qualitat potencial:** que són les característiques que sense que les conegui el client, si se li oferissin les valoraria positivament.

ACTIVITAT:

1. Enumera algunes característiques de les qualitats requerida, esperada i potencial del servei del vol aeri per a transportat passatgers entre dues ciutats.

La satisfacción del cliente en Port Aventura

TONI SOLÉ ENRIQUE SUÑA y MARÍA DIONIS

La política de Recursos Humanos en Port Aventura está orientada a facilitar la implantación de las líneas estratégicas de la empresa. Siendo la Satisfacción del Cliente un objetivo estratégico de la compañía, los colaboradores son considerados el elemento clave para poder cumplir este objetivo, al formar parte fundamental de la percepción que los visitantes tienen del servicio recibido.

De esta forma, la política de Gestión de los Recursos Humanos se define como un modelo integral de gestión, que tiene como núcleo las competencias clave necesarias para que los colaboradores del Parque logren la plena satisfacción del cliente. Todos los procesos de selección, formación, desarrollo, comunicación y motivación persiguen este mismo objetivo.

Este esfuerzo hacia el objetivo común es inherente a toda la organización, y compromete a los varios miles de personas que la componen. Esto incluye tanto a las personas que están en el equipo toda la temporada como a las que se van incorporando al ritmo que marca la estacionalidad del negocio.

Precisamente esta discontinuidad, junto con la natural dinámica del Parque, hacen que formar y desarrollar a las personas en esta cultura de servicio no sea una tarea fácil. Se necesita un enfoque distinto al de la formación tradicional para acceder a toda la organización.

Con esta finalidad se diseñó una formación, de contenido real y escenario figurado, donde los mandos de Port Aventura practicarían las habilidades implicadas en la Satisfacción del Cliente y el *Coaching* (entrenamiento sobre el terreno), adquiriendo los conocimientos y habilidades necesarias para hacer del día a día una experiencia formativa para sus colaboradores.

Durante las semanas que duró la formación, la Cantina de México no escuchó el canto de los Mariachis. Dos estructuras de madera sirvieron de campos de pruebas para los trescientos mandos de Port Aventura en una especial simulación: viajar a Marte para mostrar a los marcianos dónde reside la auténtica magia de Port Aventura.

Siguiendo un esquema de aprendizaje experiencial, se propuso una aventura, donde en paralelo a la historia vivida en el escenario, se desarrollaron los contenidos teóricos. De esta manera, se provocaban incidentes similares a los ocurridos en el Parque y las oficinas, pero en un plano ficticio, facilitando así el proceso de aprendizaje. Además, los conceptos eran concluidos tras cada actividad por el propio grupo, que de esta forma los hacía suyos.

Las actividades realizadas en las sesiones de formación incluían desde rellenar un cuestionario para obtener el visado marciano hasta crear una cúpula de oxígeno para hacer habitable Marte, todo para poner en práctica las herramientas y los conceptos relacionados con la materia del curso (comunicación, *feedback*, *empowerment*...). El objetivo final era alcanzar una visión clara de cómo interaccionan la Satisfacción del Cliente y el *Coaching* dentro del engranaje del servicio de Port Aventura.

Transcurridas unas semanas desde que el Parque abriera sus puertas, los trescientos mandos que estuvieron en Marte habían tenido ya la ocasión de probar y practicar los conceptos sobre el terreno, con sus clientes internos y externos, sus colaboradores y los visitantes del Parque. Como fuera planteado desde un principio, se convocó una sesión de seguimiento para poner en común estas experiencias y proponer acciones de mejora.

En esta sesión se propuso a los mandos que reflexionaran sobre las medidas de bajo coste y alto impacto en la Satisfacción del Cliente que podrían tomarse en un futuro próximo. Junto con estas propuestas de mejora, también se dio *feedback* a la dirección sobre las barreras que se habían encontrado para la puesta en marcha de las iniciativas de mejora detectadas en el viaje a Marte. Algunas de estas sugerencias se han traducido ya en medidas de mejora y cambios sustanciales.

El éxito conseguido por este ejercicio de comunicación y aprendizaje ha animado a los participantes a integrar esta práctica de intercambio de experiencias y de *feedback* como una constante dentro de la cultura organizativa de Port Aventura.

Podríamos señalar múltiples factores que han resultado claves para el éxito del proceso. Sin embargo, uno de los que mayor impacto ha tenido, no sólo en el transcurso del curso, sino también en el esfuerzo por generar una cultura abierta de servicio al cliente, ha sido la implicación a todos los niveles y en todo momento de la dirección del Parque. Desde la presentación de todos los cursos, hasta su propia asistencia y participación en el aprendizaje, o la asimilación del *feedback* obtenido y la puesta en marcha de acciones de mejora, la dirección ha demostrado estar implicada en la consecución de una sólida y coherente cultura de servicio al cliente.

Es evidente que las acciones de Recursos Humanos de éxito nunca constituyen iniciativas aisladas. Alinear la política de la gestión de personas con la estrategia de negocio de la empresa, y entenderla como un todo, son requisitos fundamentales del éxito a largo plazo de toda organización.

• ¿Cuál es el objetivo estratégico de Port Aventura que se comenta en el artículo?

• ¿Qué tipo de acciones han puesto en marcha para mejorar la satisfacción del cliente?

23

1.3.- SATISFACCIÓ DEL CLIENT

Grau de satisfacció: proporciona una dada que ens indica en quina mesura s'assoleixen els atributs de la qualitat requerida i de la qualitat esperada.

Mètodes per mesurar el grau de satisfacció:

- mesurar objectivament el grau de compliment de les especificacions que corresponen a la qualitat requerida.
- fer una enquesta als clients.

Dels dos mètodes obtindrem dues dades que no sempre coincidiran: La qualitat real i la qualitat percebuda.

La mesura important és la **qualitat percebuda** encara que no sigui real perquè és la que finalment arriba al client.

ACTIVITAT

- L'empresa Portugalia aerolineas vol mesurar el grau de satisfacció dels clients. Per això ha triat estudiar un sol atribut: la puntualitat dels seus vols. Primer ha analitzat la puntualitat tant a la sortida com a l'arribada del 250 vols i després ha fet una enquesta a 500 persones per a veure si estaven satisfetes amb la puntualitat. El resultat és el següent:

Mesura objectiva		Nivell d'insatisfacció	
Nombre de vols	temps de retard		
15	0 m	Molt puntuals	5%
50	3 m	Acceptablement puntuals	10%
112	10m	Poc puntuals	15%
65	20 m	Molt poc puntuals	70%
8	180 m		

- Fes un diagrama de barres de les mesures objectives i calcula el temps mig de retard i el percentatge de vols que estan per sobre de la mitjana.
 - Fes un diagrama de sectors del nivell d'insatisfacció i indica quin és el percentatge que resumeix el nivell d'insatisfacció dels clients.
 - Amb les dades anteriors com valoraries el funcionament d'aquesta companyia aèria.
- Pensa i escriu una enquesta per a conèixer el grau de satisfacció dels teus companys sobre la qualitat del teu Institut.

Mètodes de recerca per a conèixer el client

Enquestes: Es tracta d'elaborar qüestionaris que permetin esbrinar el grau satisfacció dels clients sobre un determinat atribut. Té l'inconvenient de tenir poca fiabilitat

Entrevistes individuals o de grup: Són més fiables però són més cares.

Reclamacions del client: Cal establir un sistema de recollida d'informació.

Els equips de vendes de l'empresa: Es tracta que els mateixos venedors passin una qüestionaris als compradors per recollir la informació.

Els treballadors: Cal establir mecanismes perquè els treballadors de l'empresa puguin expressar la seva creativitat i així millorar la qualitat.

Talamatic, S. A., tiene en su catálogo de productos 18 tipos diferentes de máquinas taladradoras para el bricolaje. Fabrica, además, la mayor parte de los accesorios de estas máquinas.

Desde hace cuatro años no han renovado los productos del catálogo, y el gerente, Álvaro, ha decidido lanzar al mercado un nuevo tipo de máquina, ya que todos sus competidores lo han hecho en el último año.

Con el fin de conocer de cerca las necesidades de sus clientes, Álvaro, en compañía de su director comercial, realiza visitas a todos sus distribuidores regionales. De sus conversaciones con los distribuidores deduce que los clientes demandan máquinas de taladrar cada vez más ligeras, y que el número de accesorios de la gama de Talamatic es escaso, ya que los clientes realizan cada vez más tareas de bricolaje en casa.

A su regreso a Burgos, pide al director comercial que redacte un pequeño informe con las características que, a su juicio, debería tener el nuevo producto a lanzar.

- ¿Por qué Talamatic tiene que lanzar un nuevo producto al mercado?

Una vez finalizado el informe, convoca al jefe de ingeniería para planificar conjuntamente todas las fases del proceso de diseño. Acuerdan que, en un primer momento, el departamento de ingeniería se encargará de realizar los planos del nuevo producto.

Una vez finalizados los planos, se presentarán para su aprobación en una reunión, a la que deberán asistir, además del gerente y el jefe de ingeniería, el director comercial, el jefe de producción y el jefe de compras, que deberá dar el visto bueno a los materiales que compongan el nuevo producto.

Con los planos aprobados, el departamento de producción se encargará de fabricar un prototipo de la nueva máquina.

Este prototipo será probado en todas las condiciones de uso posible, y los resultados de la prueba se compararán con los obtenidos por las máquinas fabricadas actualmente.

Si los resultados son satisfactorios, se procederá a la fabricación en serie de la nueva máquina y a su envío a los distribuidores regionales para la venta.

- ¿Qué proceso va a seguir para su lanzamiento?
- ¿Quién va a participar?

2.- QUALITAT EN DISSENY

2.1.-El procés de disseny

No totes les empreses fan disseny. N'hi ha que sols es dediquen a fabricar els productes dissenyats per altres.

Si una empresa dissenya i fabrica els seus productes, l'activitat de disseny també ha d'incloure el disseny dels processos de fabricació necessaris per a aconseguir el producte.

2.2,. Etapes del procés de disseny

1. Identificació de les necessitats del client: Aquesta fase es pot fer de dues maneres

- a) en funció del tipus de producte: estudis de mercat i enquestes. Se sol aplicar en productes de gran consum.
- b) en funció del tipus de client: anàlisi conjunt amb el client. Se sol aplicar en productes industrials.

2. Planificació del disseny: Les activitats del procés de disseny han d'estar planificades. Aquesta planificació ha d'incloure:

- a) la definició dels passos a seguir.
- b) les persones responsables.
- c) els terminis de cada activitat.
- d) els controls a realitzar.

La planificació s'haurà d'actualitzar a mesura que avanci el procés de disseny.

3. Definició de les dades de partida: A l'inici del procés de disseny cal recollir les dades que descriuen les característiques del producte a dissenyar que inclouen:

- a) les necessitats dels clients.
- b) els requeriments legals.

4. Realització del disseny: que consisteix a desenvolupar el que s'ha planificat. Tanmateix cal controls periòdics per veure si el procés de disseny compleix els objectius previstos.

5. Formalització de les dades finals del disseny: Un cop finalitzat el disseny cal comparar les dades finals amb les dades inicials.

6. Validació del disseny: que consisteix a comprovar que el producte es comporta d'acord amb els requeriments previs. En aquesta fase en fan proves, es construeixen prototips, es fan petites fabricacions, tests de mercat, etc.

2.3.- Control del disseny

És convenient que en el procés del disseny intervinguin diversos departaments de l'empresa:

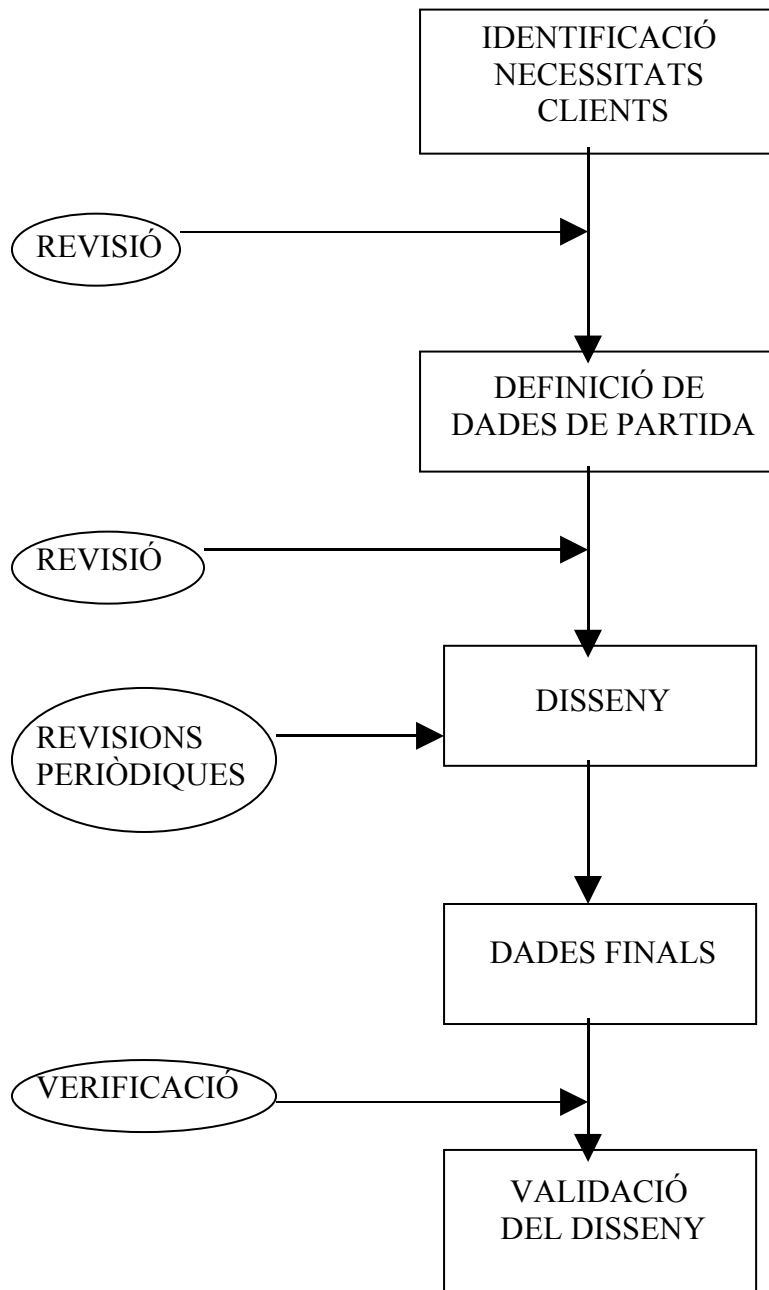
- a) Comercial: perquè està en contacte amb els clients.
- b) Producció: perquè són els que després fabricaran el producte.
- c) Compres: perquè són els que han d'adquirir les matèries primeres.
- d) Personal: per tal de preparar la formació necessària dels treballadors que han de dur a terme el nou producte.
- e) Qualitat: per tal de garantir que les necessitats dels clients es compleixen.

En la fase de planificació s'estableixen les revisions i verificacions que es faran durant tot el procés de disseny.

- a) les revisions es porten a terme durant el procés de disseny.

- b) les verificacions del disseny tenen lloc un cop ja realitzat i poden consistir a fer càlculs alternatius, a comparar-lo amb un altre de similar o a fer proves, assaigs i demostracions del producte.

ESQUEMA DE REVISIONS I VERIFICACIONS EN UN PROCÉS DE DISSENY



2.4.- ANÀLISI MODAL DE FALLADES I EFECTES (AMFE)

És una tècnica d'anàlisi preventiu que se sol utilitzar en processos de disseny i que permet:

- a) buscar els defectes potencials d'un producte o un procés mitjançant l'estudi de les components i operacions
- b) avaluar els efectes en els clients d'aquests defectes potencials.
- c) identificar les causes possibles dels defectes.
- d) buscar les accions correctores i preventives i posar-les en marxa.

Hi ha dos tipus de AMFE

- a) AMFE de producte
- b) AMFE de procés

Fases de l'AMFE

- a) Anàlisi de les funcions del producte o anàlisi de les operacions del procés.
- b) Identificació dels defectes possibles.
- c) Avaluació dels efectes potencials de cada defecte.
- d) Identificació de les causes possibles de cada tipus de defecte.
- e) Valoració de la criticitat de cada causa.
- f) Determinació de les accions correctores o preventives necessàries.

ANÀLISI FUNCIONAL DEL PRODUCTE

Consisteix a identificar les funcions del producte. Hi ha dos tipus de funcions:

- a) funcions principals que són aquelles per les quals el producte ha estat fabricat.
- b) funcions de restricció són aquelles que ha de complir per poder dur a terme les funcions principals.

A més cal descompondre el producte en tots els seus elements i després definir quina és la missió de cada un d'ells.

ACTIVITAT

Fes una anàlisi funcional d'una llauna de cervesa i acaba de completar la taula següent.

Funcions principals	Funcions de restricció	Descomposició del producte
contenir el líquid	manejable	tapa

ANÀLISI DE LES OPERACIONS D'UN PROCÉS

Consisteix a descompondre el procés de fabricació en fases i cada fase en operacions.

ACTIVITAT

Fes una anàlisi per fases i operacions de la fabricació d'una llauna de cervesa i completa la taula següent:

Fases	Operacions
Recepció de la planxa	Emmagatzematge

IDENTIFICACIÓ DE DEFECTES

La fase següent de l'AMFE és la identificació dels possibles defectes. Consisteix a trobar a cada component del producte o a cada operació del procés els possibles defectes que puguin sorgir.

Es tracta de donar resposta a:

Aquest component del producte o aquesta operació del procés en quines circumstàncies pot no complir la seva funció?

AVALUACIÓ D'EFFECTES

Un cop determinats quins són els defectes cal veure quin efecte produiríem aquests sobre el producte, sobre el client o sobre el procés. Es tracta de respondre a

Si té lloc un defecte determinat, quin efecte produeix sobre el producte, sobre el client o sobre el procés?

DETERMINACIÓ DE LES CAUSES

Per a cada un dels defectes que hem determinat abans identificarem quines son les possibles causes que els poden produir. Les causes poden ser degudes al producte, al procés, al mètode de treball, al proveïdor o a altres condicions externes. Es tracta de respondre a:

Si té lloc un determinat defecte, quines poden haver estat les causes que l'hagin produït?

ACTIVITAT:

1. Si continuem amb l'exemple de la llauna de cervesa, completa la taula següent:

Defecte	Efecte possible	Causa probable
Falta d'estanqueïtat	<ul style="list-style-type: none">• Fuga del producte•	<ul style="list-style-type: none">• Mala soldadura•

2. Una companyia d'autobusos urbans vol establir una nova línia d'autobusos i es proposa de fer una anàlisi modal de fallades i efectes per aconseguir d'evitar els endarreriments en l'arribada dels autobusos. Completa les taules d'anàlisi d'operacions i de identificació de defectes, efectes i causes.

Anàlisi d'operacions

Fases	Operacions

Identificació de defectes, efectes i causes

Defecte	Efecte possible	Causa probable

VALORACIÓ DE LA CRITICITAT

Un cop identificats els possibles defectes, els efectes i les seves causes, el pas següent en l'AMFE és calcular la criticitat de cada una de les causes identificades.

La criticitat es calcula a partir d'una triple valoració:

- la **ocurrència** (O) o freqüència d'aparició de la causa del defecte.
- La **gravetat** (G) de l'efecte produït pel defecte
- El moment de **detecció** (D) del defecte.

Per a cada un d'aquests criteris s'estableix una taula de valoracions

Nota	Ocurrencia	Nota	Gravetat	Nota	Detecció
1	Excepcional	1	Ínfima	1	Abans de fabricar
2	Ocasional	2	Menor	2	Abans de la fase
3	Freqüent	3	Mitja	3	Durant la fase
4	Bastant freqüent	4	Major	4	Abans d'expedir
5	Sempre	5	Crítica	5	Detectat pel client

La criticitat es calcula multiplicant aquest tres valors:

$$\text{Criticitat} = \text{Ocurrència} \times \text{Gravetat} \times \text{Detecció}$$

$$C = O \cdot G \cdot D$$

De vegades en aquest càlcul es fa servir la taula següent que recull les identifikacions de defecte, efecte i causa i els valors de O, G i D i el resultat final C.

Defecte	Efecte possible	Causa probable	O	G	D	C

Aquest anàlisi es fa per a cada una de les causes possibles relatives als possibles defectes i aleshores s'estableix una classificació de les causes per ordre decreixent de criticitat i es fixa la criticitat límit que és la criticitat a partir de la qual es creu convenient intervenir.

Per cada una de les causes la criticitat de les quals sigui superior a la criticitat límit s'establiran accions a prendre establint l'objectiu, el responsable i els terminis de realització.

ACTIVITAT

1. La editorial TORRE ALTA es dedica al publicar llibres de text. En l'anàlisi del seu procés s'ha detectat com a defecte més habitual l'endarreriment en el lliurament dels llibres a les llibreries. Les possibles causes d'aquest defecte són:

- Endarreriment en el lliurament dels originals per part dels autors.
- Endarreriment en l'elaboració de la maquetació i enviament als tallers d'impressió.
- Fallades en les màquines d'impressió.
- Error tipogràfics descoberts després d'imprimir, cosa que obliga a reimprimir.
- Endarreriment en els departament de distribució.

Fes una anàlisi ràpida de la criticitat i classifica aquestes causes de més a menys crítica.

Tabla 6.5. AMFEC de un lápiz

Elemento	Función	Modo de fallo	Mecanismo	Detección	Compensación	Efecto	Medidas preventivas	Ocurrencia	Gravedad	Criticidad
Goma	Borrar	La goma emborrona el lápiz pero no lo borra	La goma se ha endurecido con el tiempo	Inspección	Uso de otra goma	Trabajo con manchas, sucio	Verificar el compuesto de la goma y cambiarlo	3	1	3
Aro	Sujetar la goma a la caña de madera	No sujeta la goma	El metal no está bien cerrado en torno a la goma	Inspección	Uso de otro aro	Lápiz sin goma	Cambiar la forma de sujetar la goma	3	3	9
Caña de madera	Sujetar y proteger la mina	La mina está suelta dentro de la madera	Problemas de tolerancias	Inspección	Uso de otro lápiz	El lápiz falla y debe ser reemplazado	Verificar el diámetro de la mina, el de la madera y el proceso productivo	2	5	10
Mina	Hacer líneas, escribir, etcétera	Se rompe fácilmente	Rotura por cizallamiento o flexión en el grafito	Inspección	Uso de otro lápiz	El lápiz falla y debe ser reemplazado	Asegurarse de la resistencia del grafito y desarrollar algún método de endurecimiento	2	2	4

EJEMPLO 2

AMFEC de una olla express

La olla se compone de:

- Cuerpo principal.

- Tapa.

- Goma de ajuste.

- Válvula.

Tabla 6.6. AMFEC de una olla express

Elemento	Función	Modo de fallo	Mecanismo	Detección	Compensación	Efecto	Medidas preventivas	Ocurrencia	Gravedad	Criticidad
Cuerpo principal	Contener los alimentos y soportar la presión	Rotura o agrietamiento	El metal cede debido a un defecto interno	Inspección	Uso de otro cuerpo principal	No se puede cocinar	Verificar imperfecciones en el metal	1	1	1
Tapa	Soportar la presión	Rotura o agrietamiento	El metal cede debido interno	Inspección	Uso de otra tapa	No se puede cocinar	Verificar imperfecciones en el metal	1	1	1
Goma de ajuste	Actuar como elemento de sellado entre la tapa y el cuerpo principal	Fugas de aire y vapor	La goma se ha deteriorado o no ajusta bien	Inspección	Uso de otra goma	No se puede mantener la presión interna	Verificar las medidas de la goma y su estado	7	1	7
Válvula	Hacer que la presión interna suba hasta un cierto rango	La presión sube excesivamente	La válvula se bloquea	Inspección	Uso de otra válvula	Si la presión aumenta excesivamente puede llegar a reventar la olla	Colocación de una válvula extra de seguridad	1	5	5

Del análisis del AMFEC se deduce que los elementos más críticos de la olla son la goma y la válvula.

Envaplastic suministra sus productos a los principales envasadores de agua y refrescos del mercado. Sus clientes le envían las especificaciones de los productos que desean: planos de las botellas, dimensiones, capacidad necesaria, etc., que fabrica de acuerdo con esas especificaciones.

Hace un mes, Belén, la gerente, recibió una carta de uno de sus principales clientes, anunciándole que si quería seguir suministrando sus productos Envaplastic debía pasar por un proceso de homologación como proveedor.

También recibió un cuestionario que debía devolver cumplimentado al cliente, donde se hacían preguntas referentes a la actividad de Envaplastic, su organización y sus sistemas de control de calidad. Así mismo, el cliente anunciaba que en el plazo de 30 días efectuaría una visita a las instalaciones de la empresa para realizar una auditoría de calidad.

Belén se preocupó bastante en un primer momento. Llamó rápidamente al jefe de calidad y conjuntamente rellenaron el cuestionario que pedía el cliente. Con respecto a la auditoría, Belén no sabía

en qué iba a consistir. El jefe de calidad le explicó que el cliente se centraría fundamentalmente en las instalaciones de la empresa, el nivel de formación de los operarios, los procedimientos de relación con clientes, el control que tenían del proceso y los sistemas de calidad implantados.

Analizaron la situación actual de todos estos aspectos y llegaron a la conclusión de que estaban en un buen nivel, salvo en los procedimientos de relación con los clientes, ya que no había nada definido en la empresa sobre cómo gestionar las especificaciones de los clientes y cómo tratar sus reclamaciones.

Belén encargó al jefe de calidad que escribiera unos documentos en los que se explicara cómo debían tratarse estos temas, y después de aprobarlos, los explicaron y difundieron a las personas afectadas, que eran del departamento comercial.

Al cabo de unos días llegó un representante del cliente, quien, después de realizar la auditoría, les concedió la homologación como proveedores, felicitándoles por el buen funcionamiento de la empresa.

• En tu opinión, ¿en qué consiste el proceso de homologación?

• ¿Qué efectos positivos ha producido en la empresa?

3. QUALITAT EN LES COMPRES

Les compres és una activitat clau a l'empresa. Si funciona malament se'n poden derivar situacions que comportin enormes pèrdues per a l'empresa.

Així doncs, pot passar:

- que les matèries que arribin siguin defectuoses
- que arribin tard
- que se'n comprin quantitats més grans que les que es necessiten

Funcions relacionades amb **les compres**

1. Definició de les especificacions del producte a comprar
2. Selecció dels proveïdors
3. Negociació amb els proveïdors sobre les condicions de compra
4. Fer la comanda al proveïdor
5. Seguiment de la comanda
6. Recepció del producte
7. Pagament

ACTIVITAT:

1. En una hamburgueseria tenen un servei de compres. Digués en què es concretaria en aquesta empresa cada una de les funcions de les compres.

2. Cada una de les funcions de les compres han d'estar perfectament definides i han d'estar assignades a un responsable concret. En el quadre següent escriu el departament de l'empresa que et sembla que és el responsable directe de cada una de les funcions de les compres.

Funció	Compres	Qualitat	Producció	Administració
Definició de les especificacions del producte a comprar				
Selecció dels proveïdors				
Negociació amb els proveïdors sobre les condicions de compra				
Fer la comanda al proveïdor				
Seguiment de la comanda				
Recepció del producte				
Pagament				

3. Totes les empreses han de tenir la mateixa distribució de les funcions? Raona la resposta?

4. Visita alguna empresa de la teva localitat i esbrina:

- Si té un responsable de compres.
- Si han tingut alguna vegada problemes de fabricació per culpa dels proveïdors.
- Quines mesures han pres en aquestos casos.

3.1.- LES ESPECIFICACIONS

Les especificacions són les característiques del producte, del seu procés de fabricació i de la seva distribució.

Una empresa ha de tenir ben definides les característiques dels productes que ha de comprar

Tipus de productes o serveis

- **Matèries primeres:** materials utilitzats per fabricar el producte.
- **Matèries auxiliars:** materials que s'afegeixen al llarg del procés de fabricació.
- **Material d'envàs i embalatge:** elements utilitzats per contenir, conservar o transportar el producte.
- **Manteniment:** subcontractació del manteniment.
- **Estudis:** de mercat, de llançament de producte, enquestes de satisfacció del client.
- **Recanvis:** peces destinades a substituir les que fan servir les màquines.
- **Emmagatzematge:** dipòsits aliens a l'empresa que es contracten per guardar productes.
- **Transport:** subcontractació del servei de transport i distribució del producte acabat.
- **Equipaments de producció:** maquinària necessària per a fabricar els productes.
- **Equipaments auxiliars:** maquinàries de suport (cintes transportadores, carretons elèctrics, etc.)

3.2.- FITXA D'ESPECIFICACIONS

Les especificacions de compra s'escriuen en unes fitxes o quaderns d'especificacions que han d'incloure:

Descripció del producte: nom, codi, identificació.

Característiques bàsiques del producte: dimensions, composició, plànols.

Característiques de comportament: vida útil, resistència.

Característiques d'embalatge: dimensions de la capsa, unitats per caps.

Controls a realitzar pel proveïdor: descripció dels controls i enviament dels resultats.

Característiques del servei: Tipus del transport, termini de lliurament.

Requeriments administratius i legals: permisos i certificacions requerits per la llei .

ACTIVITAT:

1. Elabora una fitxa d'especificacions per a cada producte a partir de la informació que figura en l'envàs d'un pa de motlle, d'un refresc, d'un iogurt, d'un suc.
2. Imagina que has de comprar una taula d'estudi. Quines especificacions hauria de tenir? Elabora una fitxa d'especificacions de la taula?

Especificaciones y accesorios

A. UNIDAD EXTERIOR BOMBA DE CALOR

RXYSQ



RXYSQ-M7V3B		4	5	6	
Potencia equivalente en caballos		CV	4	5	6
Capacidad de refrigeración		kW	11,2	14,0	15,5
Capacidad de calefacción		kW	12,5	16,0	18,0
Consumo nominal	Refrigeración	kW	3,65	4,99	5,50
	Calefacción	kW	3,82	4,47	5,21
EER	Refrigeración		3,07	2,81	2,82
COP	Calefacción		3,27	3,58	3,45
Número máximo de unidades interiores conectables			6	8	9
Índice de capacidad mínima			50	62,5	75
Índice de capacidad máxima			130	162,5	195
Etapas de capacidad			*	*	*
Alimentación eléctrica		V3	1 ~, 50Hz, 230V		
Dimensiones (AlxAxP)		mm	1345x900x320	1345x900x320	1345x900x320
Peso		kg	127	127	127
Carcasa			chapa de acero galvanizado y pintado		
Color			blanco marfil		
Nivel de presión sonora		dB(A)	51	52	54
Nivel de potencia sonora		dB(A)	67	68	70
Ventilador	Tipo		ventilador helicoidal		
	Caudal de aire	m³/min	106	106	106
Refrigerante	Nombre		R-410A		
	Carga	kg	5,8	5,8	5,8
	Control		válvula de expansión electrónica		
Aceite refrigerante	Tipo		Daphne FV680		
	Carga	l	1,6	1,6	1,6
Compresor	Tipo		compresor scroll herméticamente sellado		
	Método de arranque		directo en línea		
Conexiones de tuberías	Líquido	mm	ø9,5 (abocardado)	ø9,5 (abocardado)	ø9,5 (abocardado)
	Gas	mm	ø15,9 (abocardado)	ø15,9 (abocardado)	ø19,1 (soldadura)
Límite de funcionamiento	Refrigeración	°C/BS	-5° ~ 46°		
	Calefacción	°C/SH	-20° ~ 15,5°		
Dispositivos de seguridad			Presostato de alta, protector de sobrecarga de accionador del ventilador, protector del inversor, tapones fusibles, fusible		

* Datos no disponibles en el momento de la publicación

ACCESORIOS

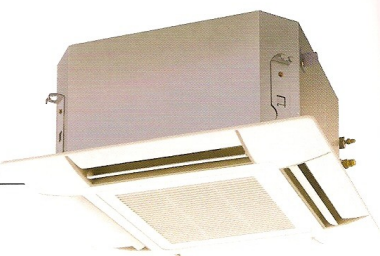
RXYSQ-M7V3B		4	5	6
Selector de frío/calor			KRC19-26A	
Caja de fijación			KIB111A	
Cabezal Refret			KHRQ22M23H7	
Junta Refret			KHRQ22M207A7	
Tapón de drenaje central			KXP5F180	

B. UNIDADES INTERIORES

FXZQ

p. 22

Unidad de cassette de 4 vías para montar en falso techo (600 mm x 600 mm)



FXZQ-MVE			20	25	32	40	50
Capacidad de refrigeración		kW	2,2	2,8	3,6	4,5	5,6
Capacidad de calefacción		kW	2,5	3,2	4,0	5,0	6,3
Consumo nominal	Refrigeración	W	73	73	76	89	115
	Calefacción	W	64	64	68	80	107
Dimensiones (AlxAxP)		mm	286x575x575				
Peso		kg	18				
Carcasa			chapa de acero galvanizado				
Caudal de aire (A/B)		m³/min	9,0/7,0	9,0/7,0	9,5/7,5	11,0/8,0	14,0/10,0
Nivel de presión sonora (A/B)(220 V)		dB(A)	30/25	30/25	32/26	36/28	41/33
Nivel de potencia sonora		dB(A)	47	47	49	53	58
Tipo de refrigerante			R-410A				
Altura de la bomba de drenaje		mm	500				
Alimentación eléctrica		VE	1 ~, 50 Hz, 220-240 V				
Panel de decoración	Dimensiones (AlxAxP)	mm	55x700x700				
	Peso	kg	2,7				
	Color		blanco (RAL 9010)				

ACCESORIOS

FXZQ-MVE			20	25	32	40	50
Mando a distancia con cable					BRC10527		
Mando a distancia sin cable	Sólo frío				BRC7E531W		
	Bomba de calor				BRC7E530W		
Panel de decoración					BYFQ608W1		
Elemento sellante de la salida de descarga de aire					KD8HQ44860		
Espaciador de panel					KD8Q44860		
Filtro de repuesto de larga duración					KAFQ441860		
Kit de entrada de aire nuevo	Tipo de instalación directa				KDDQ44X60		

3.3.- HOMOLOGACIÓ DELS PROVEÏDORS

Homologar un producte vol dir reconèixer que aquest producte està d'acord amb les normes

Homologació dels proveïdors és el procés segons el qual una empresa defineix quins són els proveïdors qualificats per subministrar-li els productes o els serveis.

Mètodes d'homologació dels proveïdors

- **Auditoria:** Consisteix a fer una visita al proveïdor i passar un qüestionari d'auditoria. El resultat serà una puntuació referida a l'acceptació o rebuig de la seva homologació.
- **Test de producció:** Consisteix a realitzar proves amb els productes subministrats pel proveïdor per veure el seu comportament. Al final de les proves s'homologarà o no al proveïdor.
- **Homologació per història:** Aquest mètode es fa servir per homologar els proveïdors que ja fa temps que treballen per a l'empresa de manera satisfactòria. Consisteix a analitzar els resultats de la relació amb el proveïdor a partir de les dades històriques (quantitats subministrades, reclamacions, controls, etc.) En funció d'aquests resultats es concedirà o no l'homologació.
- **Qüestionari d'homologació:** És similar a l'auditoria però aquí no cal fer la visita. L'empresa elabora un qüestionari en el que fa les preguntes sobre les dades tant del producte com de l'organització i estructura de l'empresa proveïdora. En funció dels resultats es concedirà o no l'homologació.

El procés d'homologació dóna lloc a una llista de proveïdors homologats. En base a aquesta llista el departament de compres procedirà a fer les comandes. El fet que un proveïdor estigui homologat no vol dir que l'empresa estigui obligada a comprar-li els productes. La selecció dels proveïdors es fa a través del sistema d'avaluació dels proveïdors.

ACTIVITAT

1. L'empresa TELESIN es dedica a fabricar telèfons mòbils. Les seves compres principals són: Carcasses de telèfon, components elèctrics i electrònics, caixes de cartró per embalar els telèfons i té subcontractat el servei de transport dels productes acabats. El departament de compres ha dissenyat un sistema per homologar els proveïdors que consisteix a distingir entre els proveïdors actuals i nous i productes adquirits actualment o de nova adquisició. La taula següent en resumeix el sistema.

Proveïdor	actual	actual	nou	nou
Producte	adquirit actualment	nova adquisició	adquirit actualment	nova adquisició
Homologació per història	X			
Auditoria			X	X
Test de producte		X		X
Qüestionari	X	X	X	X

- a) Quin tipus d'homologació haurà de passar una empresa que fa 5 anys que subministra el mateix tipus de carcasses.

- b) Una nova empresa de components electrònics està interessada en vendre a TELESIN un nou component que fa poc que acaba de sortir en el mercat. Quin tipus d'homologació s'haurà de fer.

3.4.- AVALUACIÓ DELS PROVEÏDORS

Després d'homologar el proveïdor cal dur a terme una avaluació continuada per a assegurar que se segueixen complint els requisits inicials.

Per fer l'avaluació cal definir els criteris en què aquesta s'ha de basar:

Criteris de l'avaluació

- **Qualitat dels subministraments:** Aquest criteri permet mesurar fins a quin punt s'ha subministrat exactament allò que s'havia demanat. S'ha de analitzar els controls de recepció del producte i veure les possibles incidències.
- **Fiabilitat en els terminis de subministrament:** Aquest criteri mesura fins a quin punt s'han complert els terminis de lliurament.
- **Flexibilitat del proveïdor:** Aquest criteri analitza el grau d'adaptació del proveïdor als canvis de necessitats de l'empresa. Que passa si se li fa una comanda urgent?
- **Fiabilitat de la informació:** Aquest criteri avalua la confiança que es pot tenir en la qualitat de les ofertes, en els albarans i factures i en el compliment dels terminis de cobrament.
- **Competitivitat i nivell de preus:** Aquest criteri té en compte la relació qualitat preu. Caldrà comparar els preus i les qualitats del proveïdor i els seus possibles competidors.

ACTIVITATS

1. Imagina que ets el gerent d'una empresa de pizzes ràpides. Per elaborar el teu producte quines matèries i serveis necessites? Quins criteris faries servir per avaluar als proveïdors d'ingredients de mercat, i per al de les capsas.

productes	Qualitat de subministrament	Fiabilitat dels terminis	Flexibilitat del proveïdor	Fiabilitat de la informació	Nivell de preus
Ingredients	Controlar que els productes de mercat siguin frescos.				
Capses					

2. Aquestes eines dels criteris d'avaluació també serveixen per a us personal. Així, doncs, podries fer una avaluació dels establiments habituals on compres la teva roba?

Avaluació dels criteris

- a) Un cop definits els criteris que es tindran en compte, cal que se'ls doni un pes a cada un d'ells. Un exemple pot ser:

Criteris	Pes
Qualitat de subministrament	50%
Fiabilitat dels terminis	20%
Flexibilitat del proveïdor	20%
Fiabilitat de la informació	5%
Nivell de preus	5%

- b) El següent pas consistirà a definir el sistema d'avaluació que s'emprarà per a cada criteri. Es farà servir una puntuació de 0 a 5. També es pot seguir altres sistemes com A, B, C, o considerar les puntuacions de 0 a 10. Un exemple seria:

Escala de valoració	Puntuació
Els incompliments superen el 20%	0
Els incompliments estan entre el 10% i el 20%	1
Els incompliments estan entre el 5% i el 10%	2
Els incompliments estan entre el 3% i el 5%	3
Els incompliments estan entre el 1% i el 3%	4
No hi ha cap incompliment	5

- c) Finalment s'ha de definir la freqüència d'avaluació dels proveïdors: trimestral, semestral, anual

Amb aquestes dades s'ha d'elaborar una fitxa de proveïdor

Proveïdor: Industrial Capsera S.A.			
Producte: Capses de cartró per a pizzes			
Període: setembre-desembre 2002			
Criteris	Pes	Puntuació	Total
Qualitat de subministrament	50%	4	2
Fiabilitat dels terminis	20%	2	0,4
Flexibilitat del proveïdor	20%	3	
Fiabilitat de la informació	5%	5	
Nivell de preus	5%	4	
Total			

ACTIVITAT

1. Completa la fitxa del proveïdor anterior i digues quina puntuació total ha obtingut.

Els resultats de la fitxa han de servir per a prendre mesures. Unes possibles mesures a prendre les recull la taula següent

Puntuació	Mesura
0	Deixen de ser proveïdors homologats immediatament i no podran subministrar més productes
(0,3]	Se'ls notificarà que en el termini d'un mes han de presentar un pla de millora o del contrari no podran subministrar productes.
(3,5]	Se'ls notificarà els incompliments i se'ls recomanarà que millorin els resultats

Segons el resultat de la fitxa anterior que s'aconsellaria a aquest proveïdor?

3.5.- ACTIVITAT

Avaluació de subcontractistes

TELEINST és una empresa que es dedica a realitzar instal·lacions elèctriques i de telecomunicacions en edificis. La seva organització és: un gerent, cinc comercials, quatre administratius i deu tècnics.

Cada cop que TELEINST ha de realitzar una obra, subcontracta la seva execució a una de les quinze empreses amb les que treballa habitualment. Aquestes empreses actuen sota la supervisió dels tècnics de TELEINST que són els que finalment dirigeixen les obres.

En els últims mesos TELEINST ha rebut diverses reclamacions dels seus clients referents a la qualitat dels treballs realitzats.

Per evitar això, han decidit d'implantar un sistema d'avaluació de les empreses subcontractades de manera que pugui seleccionar les millors i es pugui eliminar les pitjors.

1. Defineix tres criteris més importants que ha d'utilitzar TELEINST per avaluar les empreses.

Qualitat de subministrament	Fiabilitat dels terminis	Flexibilitat del proveïdor	Fiabilitat de la informació	Nivell de preus

2. Dóna un pes a cada un d'aquests criteris en funció de la seva importància de forma que la suma dels tres sumi 100%.

Criteris	Pes
Qualitat de subministrament	
Fiabilitat dels terminis	
Flexibilitat del proveïdor	
Fiabilitat de la informació	
Nivell de preus	

3. Defineix el sistema de puntuació de 0 a 5 i els criteris per a obtenir les puntuacions corresponents: (p. ex. un 4 per tenir de 10 a 20 % defectes)

Escala de valoració	Puntuació
Els incompliments superen el%	
Els incompliments estan entre eli el....%	
Els incompliments estan entre el% i el....%	
Els incompliments estan entre el% i el....%	
Els incompliments estan entre el% i el%	
No hi ha cap incompliment	

4. Defineix la freqüència idònia d'avaluació: per obra, mensual, trimestral.

5. Disseny una fitxa d'avaluació de proveïdor on figurin els resultats obtinguts.

Proveïdor:			
Producte:			
Període:			
Criteris	Pes	Puntuació	Total
Qualitat de subministrament			
Fiabilitat dels terminis			
Flexibilitat del proveïdor			
Fiabilitat de la informació			
Nivell de preus			
Total			

6. Indica quines mesures haurà de prendre TELEINST

Compelec es un fabricante de componentes eléctricos, mecánicos y electromecánicos para electrodomésticos. Elaboran bajo pedido, para las empresas fabricantes como Fagor o Balay, pequeños motores eléctricos, programadores, termostatos, etc.

El director de producción ha recibido la consigna del gerente de la empresa de reducir los costes de producción de determinadas piezas, que son poco competitivas en el mercado actual a causa de sus elevados precios.

El director de producción ha realizado un análisis del proceso de fabricación para determinar las partes que son mejorables y hacerlo más productivo.

Uno de los puntos de mejora es la inspección final del producto, que se hace en la fabricación de algunas piezas, para comprobar que no existen fallos de calidad. En estos momentos se inspeccionan todas las piezas que se producen, lo que origina un coste importante.

El proceso está muy bien controlado, y se conocen todas las variables que hacen que funcione correctamente la fabricación en cuanto a la calidad, y apenas se producen fallos en las piezas. Por ello, ha pensado que es más productivo realizar una inspección por muestreo, es decir, inspeccionar sólo una parte de las piezas fabricadas.

Además, la operación de muestreo al 100 % es tan rutinaria que los inspectores, debido a la fatiga, se equivocan a veces y han dado por buenas piezas defectuosas.

Para llevarlo a la práctica, se ha dirigido al jefe de control de calidad para que prepare un plan de muestreo, en el que se defina la muestra de la fabricación que se debe inspeccionar y el número de piezas defectuosas a partir del cual es necesario rechazar un lote de fabricación. De esta forma, es posible garantizar unos niveles de calidad, en términos de probabilidad.

- ¿Cuál es la razón que lleva al director de producción de Compelec a utilizar técnicas de muestreo en el control de la calidad o inspección de los productos?

- ¿Qué es una inspección por muestreo?
- La inspección 100 %, ¿da absoluta seguridad de la calidad de las piezas?

4.- QUALITAT EN ELS PRODUCTES

Els productes tenen unes característiques pròpies que són les que han de servir per a satisfer les necessitats dels clients als que van adreçats.

Allò que defineix el producte des del punt de vista de la qualitat són les **especificacions**. Habitualment els productes porten una relació d'especificacions que serveixen per descriure de les seves característiques.

Contingut de les especificacions:

- Títol o denominació del producte.
- Aplicacions del producte
- Condicions de fabricació, instal·lació, emmagatzematge i us.
- Característiques físiques
- Característiques de fiabilitat (d'absència de fallades)
- Característiques de mantenibilitat (realització del manteniment)
- Mètodes d'assaig i criteris d'acceptació.
- Embalatge i protecció
- Informacions especials i serveis postvenda

ACTIVITAT

1. A la columna de l'esquerra hi ha una relació d'especificacions. Indica, a la columna de la dreta, a quin dels apartats de les especificacions les incorporaries.

Relació d'especificacions	Apartat
La relació de serveis de reparació	
Indicacions sobre com el producte és transportat.	
Quines condicions ha de complir el magatzem on es guardi.	
Formes d'utilització del producte	
Les dimensions	
Condicions i períodes de manteniment del producte.	
Instruments de mesura que es poden fer servir per comprovar les característiques del producte	
Condicions de funcionament en què poden produir-se fallades	
Les característiques elèctriques i mecàniques.	
Les possibles fallades.	
El nom industrial del producte	
Mètodes de fabricació	
La protecció mediambiental	
La marca comercial	
Característiques d'instal·lació	
Formes de manipulació del producte	
Condicions de seguretat	
La composició del producte	
Operacions de manteniment que cal fer	
Mesures estàndards, toleràncies	

2. Busca en el document d'instruccions d'un aparell que hagi acabat de comprar les especificacions tècniques del producte. Quins apartats creus que no hi són?

4.1.- CONTROL DE QUALITAT

Procés a través del qual s'estableixen unes normes que permetin assegurar el compliment de les especificacions.

El procés de control té set etapes:

- Establir l'objecte de control.
- Escollir la unitat de mesura.
- Establir el valor normal o estàndard de l'especificació a controlar.
- Establir l'instrument de mesura
- Realitzar la mesura de la magnitud en la unitat escollida.
- Interpretar la diferència entre el valor real i el valor estàndard.
- Actuar sobre les diferències trobades.

El control de qualitat no solament es fa sobre el producte final sinó que també es fa a totes les fases del procés (recepció de material, fabricació, producte elaborat)

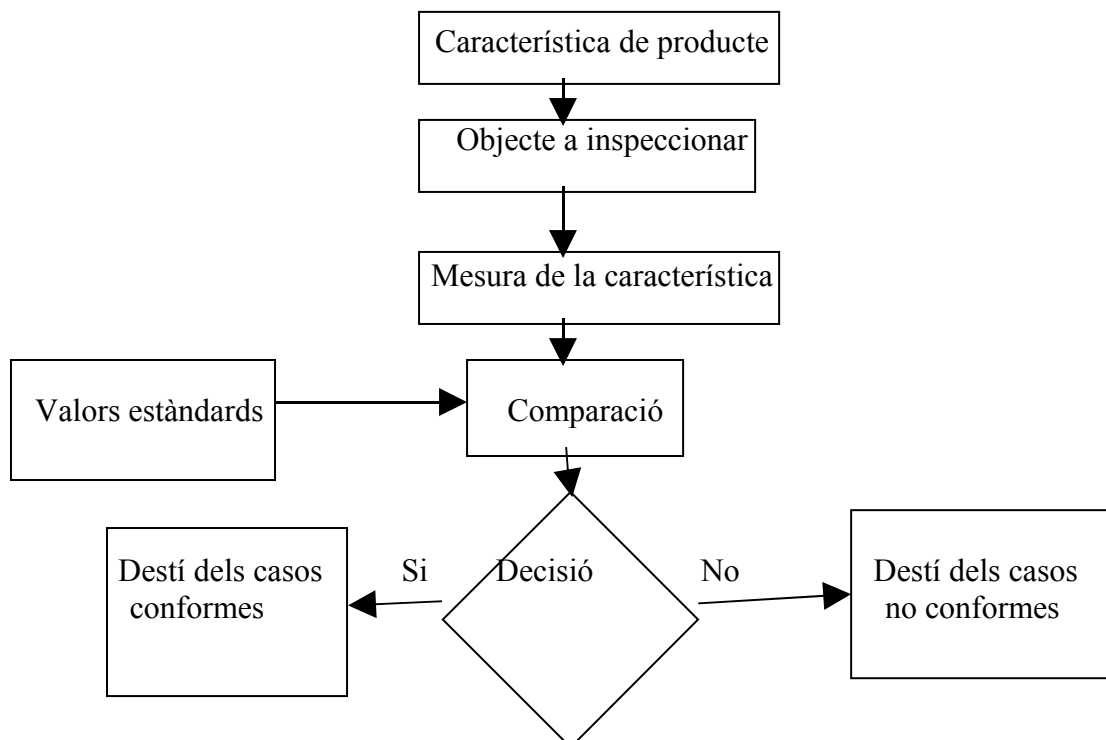
L'eina per fer el control de qualitat es la **inspecció** i l'assaig.

ACTIVITAT

1. A la fàbrica de bolígrafs VIC s'ha comprovat que al fabricar les carcasses en surten algunes que són massa curtes i d'altres massa llargues. Per això s'ha pensat en fer un control de qualitat. En aquest cas concret, en què consistirien les set etapes del procés de control?

INSPECCIÓ

La **inspecció** és l'avaluació de la qualitat d'alguna característica del producte. Els passos que s'ha de seguir els indica el diagrama següent:



4.2.- MODALITATS D'INSPECCIÓ

Tipus d'inspecció:

- inspecció visual.
- inspecció per mesura.
- inspecció per assaig de laboratori.

Intensitat de la inspecció:

- No inspeccionar quan ja es tenen garanties que el producte compleix les especificacions.
- Inspecció per mostreig petit
- Inspecció per mostreig ampli i aleatori.
- Inspecció al 100%

INSPECCIÓ PER MOSTREIG

Consisteix en escollir una part aleatòria del producte contingut en un lot a fi efecte d'acceptar o rebutjar tot el lot.

És més econòmic que el mostreig al 100%.

Aquí cal elaborar un pla de mostreig que contingui:

- Tamany del lot.
- Tamany de la mostra
- El nombre d'acceptació (nombre màxim de peces defectuoses)
- Els lots acceptats continuen el procés.
- Els lots rebutjats han de seguir un tractament que pot ser: a) Inutilitzar-lo. b) Fer una inspecció al 100%. c) Fer una segona mostra separant prèviament les peces defectuoses.

AUTOCONTROL

Habitualment les operacions d'inspecció les fan persones diferents dels operaris que s'anomenen **verificadors**. Aquesta separació va bé en alguns casos i pot ser justificada quan es vol que el mostreig el faci personal preparat i, sobre tot, si es vol separar l'execució del control i evitar, així, que l'operari sigui jutge i part. De vegades, però, està justificat que es porti a terme un **autocontrol** pels mateixos operaris en els seus llocs de treball.

Pla de mostreig: Consisteix a definir tres nombres.

- N = nombre de peces de cada lot.
- n = nombre de peces que s'analitzaran
- c = nombre de peces defectuoses

Corba característica: és una corba que ens dona per a cada pla de mostreig la probabilitat d'acceptació per a cada percentatge de peces defectuoses.

4.3.- ANÀLISI ESTADÍSTICA DE LES DADES

Un cop recollides les dades es procedeix al seu estudi per mètodes estadístics.

Així doncs denominarem:

Població: El conjunt de tots els objectes dels quals s'estudia una característica.

Mostra: És el subconjunt de la població que serveix per obtenir les dades de l'anàlisi.

Variable estadística: És la característica objecte de l'anàlisi. Hi ha dos tipus de variables: variable quantitativa i variable qualitativa o atribut.

Variable quantitativa: És aquella que es pot mesurar.

Variable qualitativa o atribut: És aquella que no es pot mesurar.

variable quantitativa	variable qualitativa
Longitud	Bo – Dolent
Pes	Serveix – No serveix
Volum	Passa – No passa
Àrea	En té – No en té
Densitat	Marxa – Paro
Temps	Funciona - No funciona
Resistència	Positiu – Negatiu
Temperatura	Vertader – Fals
.....

Una variable quantitativa es pot convertir en atribut. Això té avantatges en termes de cost i de temps utilitzat per recollir la informació.

PRESENTACIÓ DE LES DADES

Un cop recollides les dades cal ordenar-les i calcular les freqüències absoluta, relativa i acumulada.

freqüència absoluta: És el nombre de vegades que es repeteix un determinat valor.

freqüència absoluta acumulada: És la suma de les freqüències absolutes de tots els valors de la variable inferiors o igual al valor considerat.

freqüència relativa: És el resultat de dividir la freqüència absoluta pel nombre total de dades que intervenen en la distribució.

EXERCICI

1. El registre dels valors obtinguts en la mesura d'una peça són els indicats en el quadre. Calcula les freqüències absoluta, acumulada i relativa.

Valors									
15,98	16,00	16,01	16,03	16,02	16,00	16,01	16,02	16,01	16,03
16,01	16,00	16,03	16,01	16,00	16,01	16,02	16,00	16,02	16,01
16,01	16,03	16,02	16,03	16,04	16,00	16,01	16,00	16,02	15,99
16,00	16,02	16,01	15,99	16,01	16,04	16,01	16,00	16,00	16,01
15,99	16,01	16,00	16,01	16,02	16,00	16,03	16,01	16,01	16,00

2. Les qualificacions d'una assignatura dels 25 alumnes d'una classes són les següents

7, 3, 5, 4, 8,	2, 9, 7, 6, 7,
4, 3, 6, 4, 5,	6, 9, 8, 3, 6,
5, 2, 7, 8, 9,	

Calcula les freqüències absoluta, relativa i acumulada.

AGRUPACIÓ DE LES DADES

De vegades les dades recollides semblen molt disperses i aleshores s'aconseja agrupar-les en **classes**.

S'ha de procurar que les classes tinguin totes la mateixa amplitud.

marca de classe: són els valors mitjans de cada classe.

Exercici

1. El pes de 50 sobres de correu estan recollits a la taula següent. Agrupa'ls en 7 classes i calcula les freqüències absoluta, relativa i acumulada.

Valors	2,04	2,03	2,02	2,01	2,00	1,99	1,98	1,97	1,96	1,95	1,94	1,93	1,92	1,91	1,90
Freqüència	1	1	0	1	0	2	2	3	2	4	6	4	10	7	2

Valors	1,89	1,88	1,87	1,86	1,85
Freqüència	3	0	1	1	0

2. L'alçada en cm dels alumnes d'una classe està recollida a la taula següent. Agrupa-la en classes i calcula les freqüències absoluta, relativa i acumulada

173 169 185 174 170 191 192 187 168 176
167 180 172 186 178 167 194 169 172 178
170 171 164 180 172 168 189 183 176 177
164 192 163 182 180 184 175 164 182 171

REPRESENTACIÓ GRÀFICA

Diagrames de barres: Es fan servir per representar les variables quantitatives discretes

Histogrames: S'utilitzen per representar variables aleatòries contínues o aquelles en què les dades s'han agrupat en classes.

Diagrames de sectors: Serveix per representar les variables qualitatives o atributs.

EXERCICIS:

1. Representa en un histograma les dades de la taula següent corresponents a les mesures del gruix d'uns blocs de metall

Classes	Freqüència
3,275 - 3,325	3
3,325 - 3,375	3
3,375 - 3,425	9
3,425 - 3,475	32
3,475 - 3,525	38
3,525 - 3,575	10
3,575 - 3,625	3
3,625 - 3,675	1
3,675 - 3,725	1

2. Representa en un diagrama de barres les dades dels vehicles per habitant de la taula següent:

any	1998	1999	2000	2001
vehicles	399	430	443	455

3. El resultat de l'enquesta a 10.000 conductors sobre si es corden el cinturó de seguretat ha estat que 6.270 han respost que NO. Fes un diagrama de sectors.

4.4.- MESURES DE CENTRALITZACIÓ

Mitjana aritmètica: És el valor que resulta de dividir la suma de tots els valors pel nombre total de valors.

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i \cdot n_i}{\sum n_i}$$

Moda: És el valor que més es repeteix. Correspon al valor de major freqüència.

Mediana: Ordenant de major a menor els valors de la variable, la mediana és el valor que té tantes dades per sobre com per sota.

EXERCICIS:

1. La taula següent dona les dades del diàmetre d'un tub obtingudes en fer 100 mesures. Calcula la mitjana aritmètica, la moda i la mediana.

Diàmetre (mm)	76	77	78	79	80	81	82	83	84
freqüència	0	3	8	18	31	23	11	4	2

2. La taula següent mostra el nombre de pel·lícules que han vist durant la darrera setmana els 36 alumnes d'una classe. Calcula la mitjana, la moda i la mediana.

Nombre de pel·lícules	0	1	2	3	4	5	6	7
Nombre d'alumnes	3	3	9	11	7	2	0	1

4.5.- MESURES DE DISPERSIÓ

Recorregut o rang: És la diferència entre els valors màxim i mínim.

Desviació típica: És l'arrel quadrada de les mitjanes aritmètiques dels quadrats de les desviacions de les dades respecte de la mitjana.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2 \cdot n_i}{\sum n_i}} = \sqrt{\frac{\sum x_i^2 \cdot n_i}{\sum n_i} - \bar{x}^2}$$

EXERCICIS:

3. Calcula el recorregut i la desviació típica de les variables de l'exercici 1 i 2.

4. En una botiga s'han escollit 113 productes i s'han classificat segons el preu. Calcula la mitjana i la desviació típica.

Preu	de 0 a 100	de 100 a 200	de 200 a 300	de 300 a 400	de 400 a 500
Nre. productes	20	30	26	17	20

5. S'han obtingut les pulsacions d'un equip d'atletisme després d'una cursa. Les dades obtingudes són les següents:

Pulsacions	70-74	75-79	80-84	85-89	90-94	95-99
Nre. atletes	3	3	7	10	12	8

Calcula la mitjana, l'interval mitjà, l'interval modal i la desviació típica.

ACTIVITAT

1. Les dades següents representen mesures de peces de maquinària produïdes a les línies A i B. Els límits de la tolerància són $150 \pm 0,05$ mm. Elabora un histograma i investiga la relació entre les peces de les línies A i B i els límits. Les xifres es van obtenir restant 150 mm als valors mesurats i multiplicant el resultat per 100.

Línia A						Línia B					
1	3	2	3	5	4	1	1	-4	-2	-1	0
1	3	3	4	1	4	-5	2	3	-1	-2	-1
1	2	0	1	2	-1	0	0	2	0	1	-6
2	3	3	3	2	2	-3	0	-3	1	0	-2
0	1	0	5	3	2	0	1	0	-4	-2	2
0	3	3	2	0	5	-1	0	-1	-3	1	-2
-1	4	2	4	-1	0	-1	1	1	0	-1	2
2	1	1	4	1	7	0	-5	-2	-3	3	-6
4	5	5	3	1	4	2	-1	-4	-1	-2	-2
4	3	-2	2	3	6	-4	-1	-3	0	1	-3

Per a fer la recerca s'aconsella que:

- Construeixis un histograma per a A un altre per a B i un tercer per a les dades combinades de totes dues línies.
- Sobre la base de les dades investiga la relació amb els límits.
- Calcula les mitjanes i les desviacions típiques.

Per a construir l'histograma s'aconsella seguir els passos següents:

- Comptar les quantitats totals de dades (N_A , N_B , N)
- Per a cada taula de dades determina els valors major X_L i menor X_S .
- Determina l'amplitud $R = X_L - X_S$
- Decideix l'ample de cada classe.
- Calcula la taula distribució de freqüències
- Fes el dibuix dels histogrames
- Interpreta els resultats

Per al càlcul de la mitjana \bar{x} i de la desviació típica σ

- Construeix una taula per a calcular les mitjanes
- Construeix una altra taula per a calcular les desviacions típiques

Amb les dades obtingudes omple aquest quadre resum:

Línia	A	B	General
Quantitat de dades			
Mitjana			
Desviació Típica			

EXERCICIS

1.- Segueix la distribució de freqüències següent on la variable x_i representa el nombre de preguntes que han respost correctament els alumnes en un test de 20 qüestions i n_i el nombre d'estudiants que han tingut aquest encerts. Calcula la freqüència absoluta i la freqüència relativa i representa aquests valors en un diagrama de barres.

x_i	9	10	12	13	14	15	16	17	18	19	20
n_i	1	2	1	2	7	2	1	7	2	6	4

2.- Disposem de les dades següents corresponents al nombre de dies d'absentisme d'un grup de 20 treballadors d'una empresa.

3 5 3 4 4 7 6 5 2 4
2 5 5 6 4 3 5 4 5 5

Calcula la freqüència absoluta, la freqüència acumulada i la freqüència relativa i representa aquests valors en un histograma.

3.- En un examen per aconseguir el carnet d'instal·ladors es van obtenir les notes següents:

74 80 65 85 95 72 76 72 93 84
75 75 60 74 75 63 78 87 90 70

Com que el nombre de dades és bastant elevat s'ha cregut oportú agrupar-les en quatre classes 60-70, 70-80, 80-90, 90-100. Calcula la freqüència absoluta i la marca de classe i representa després aquests valors en un histograma.

4.- La pluja anual, mesurada amb la precisió d'una dècima de centímetre, durant un període de 30 anys és la següent:

42,3 35,7 47,6 31,2 28,3 37,0 41,3 32,4 41,3 29,3
34,3 35,2 43,0 36,3 35,7 41,5 43,2 30,7 38,4 46,5
43,2 31,7 36,8 43,6 45,2 32,8 30,7 36,2 34,7 35,3

Classifica aquestes dades en 10 classes [28,30), [30, 32).... fins a [46, 48). Calcula la freqüència absoluta i la marca de cada classe i representa aquesta distribució en un histograma.

5.- Els estudiants de l'Escola del Treball de Barcelona han estat classificats segons la direcció de casa seva i el resultat ha estat el següent:

Estudiants	954	1345	865	320	226	3710
Adreça	Barcelona	Àrea metropolitana	Altres comarques de Catalunya	Resta d'Espanya	Estranger	Total

Representa aquestes dades en un diagrama de sectors.

6.- Un concessionari de cotxes ven diferents marques procedents d'Anglaterra, França, Japó i Corea. El nombre de cotxes que ven en un mes està recollit a la taula següent

Cotxes	5	3	12	20	10	50
---------------	---	---	----	----	----	-----------

Països	Anglaterra	França	Alemanya	Japó	Corea	Total
---------------	------------	--------	----------	------	-------	--------------

Representa aquestes dades en un diagrama de sectors.

7.- Calcula la mitjana aritmètica, la mediana i la desviació típica de les dades següents:
4, 6, 6, 7, 9, 10

8.- Calcula la mitjana, la moda, la mediana i la desviació típica de la distribució de freqüències següent:

<i>x</i>	9	10	12	13	14	15	16	17	18	19	20
<i>n_i</i>	1	2	1	2	7	2	1	7	2	6	4

9.- Calcula la mitjana, la moda, la mediana i la desviació típica de la distribució de freqüències següent

Classes	60-70	70-80	80-90	90-100
Freqüència	3	10	4	3

10.- La distribució d'hores extraordinàries que han realitzat durant un més els treballadors d'una empresa esta recollida a la taula següent:

Hores extres	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Treballadors	10	2	4	2	6	4	2	4	6	2	8

Representa les dades en diagrama de barres i determina la mitjana, la moda, la mediana, el recorregut i la desviació típica.

11.- Les quantitats de 45 préstecs personals en euros d'una empresa són les següents:

700, 450, 725, 1125, 675, 1650, 750, 400, 1050,
500, 750, 850, 1250, 725, 475, 925, 1050, 925,
850, 625, 900, 1750, 700, 825, 550, 925, 850,
475, 750, 550, 725, 575, 575, 1450, 700, 450,
700, 1650, 925, 500, 675, 1300, 1125, 775, 850,

Agrupa les dades en classes de 200 € començant per 400 i representa les dades en un histograma.

Determina també la mitjana, la moda, la mediana i la desviació típica.

12. La distribució de freqüències dels salaris setmanals en € d'un grup de tècnics superiors és la següent:

Salari setmanals en €	200 – 220	220 – 240	240 – 260	260 – 280	280 – 300	300 – 320	320 – 340
Nombre de treballadors	18	24	32	20	8	6	3

Representa aquestes dades en un histograma i calcula la mitjana, la moda la mediana i la desviació típica.

13.- Durant un més donat la temperatura mitjana diària ha estat de 35, 33, 30, 36, 40, 37, 38. Determina la mitjana de totes les temperatures i la mediana. Quina serà la desviació típica.

4.6.- PROBABILITAT

Exercici

Suposem que volem treure dues peces d'un conjunt de cinc. Si les numeréssim { 1, 2, 3, 4, 5 } conjunt de resultats possibles seria:

$$\{ 1,2 ; 1,3; 1,4; 1,5; 2,3; 2,4; 2,5; 3,4; 3,5; 4,5 \}$$

Resulta que d'aquestes peces n'hi ha tres que són defectuoses 1, 2, 3. Si n'extraiem dues peces volem saber quina probabilitat hi ha que no en traiem cap de defectuosa. De tots el resultats possibles solament és no defectuosa la parella 4,5.

Si repetíssim aquesta extracció un nombre de vegades i anotéssim els resultats obtinguts, podríem calcular la freqüència relativa de l'extracció. Així doncs, si n'hem fet 100 extraccions i d'elles n'hi ha 10 on el resultat obtingut és la parella 4,5 direm que la freqüència relativa és $10/100 = 0,1$

Segons la llei dels grans nombres, quan un experiment es repeteix moltes vegades la freqüència relativa serà igual a la probabilitat. Per això es diu que:

$$PROBABILITAT = \frac{\text{Casos favorables}}{\text{Casos possibles}}$$

Espai universal: És el conjunt de tots els resultats possibles.

Esdeveniments: Cada un dels subconjunts de l'espai universal.

Esdeveniment elemental: Cada un dels elements de l'espai universal

Esdeveniment segur: Aquell que es verifica sempre. Coincideix amb l'espai universal.

Esdeveniment impossible: Aquell que no es realitza mai.

ACTIVITAT

1. En l'exemple anterior, digués quins elements formarien l'esdeveniment "treure una peça defectuosa". I l'esdeveniment "treure dues peces defectuoses". Calcula la probabilitat en cada un dels casos.

2. En l'experiència que consisteix en llançar un dau cúbic i prendre nota del resultat de la cara superior. Calcula la probabilitat:

- a) que surti parell
- b) que surti senar
- c) que surti múltiple de 3
- d) que surti múltiple de 5

3. En una bossa hi ha vuit boles vermelles, cinc grogues i set verdes. Se'n treu una a l'atzar. Determina la probabilitat:

- e) que sigui vermella
- f) que sigui verda
- g) que sigui groga
- h) que no sigui vermella
- i) que no sigui groga

4. En un joc de cartes traiem una a l'atzar. Que és més probable:

- j) que surti la sota de bastos o el rei d'espases
- k) que surti oros o una figura
- l) que surti un oro o un no oro
- m) que surti una figura o que no surti una figura

PROPIETATS DE LA PROBABILITAT

1. La probabilitat és sempre un valor positiu i menor que 1 $1 \geq P(A) \geq 0$
2. La probabilitat d'un esdeveniment segur és 1 $P(E) = 1$
3. La probabilitat d'un esdeveniment impossible és 0 $P(A) = 0$
4. La probabilitat de la unió de dos esdeveniments incompatibles és:

$$P(A \cup B) = P(A) + P(B)$$
5. La probabilitat de dos successos compatibles és:

$$P(A \cup B) = P(A) + P(B) - P(A \cap B)$$
6. La probabilitat de l'esdeveniment contrari és $P(\bar{A}) = 1 - P(A)$

1. En un taller de cargols, una màquina produeix en 200i una altre 300. De cada 100 cargols, la primera màquina en fa 2 de tarats i la segona 1. Hem barrejat tota la producció i hem agafat un cargol . Quina és la probabilitat que surti tarat?.

2. Disposem de dues urnes. La urna I conté 6 boles vermelles i 4 blanques, mentre que la urna II conté 4 de vermelles i 8 de blanques. Es llança un dau. Si apareix un nombre menor que 3, aleshores escollim la urna I; si el resultat és 3 o major que 3 ens anem a l'urna II. A continuació traiem una bola. Es demana:

- n) Probabilitat que la bola sigui vermella i de l'urna II
- o) Probabilitat que la bola sigui blanca.

3. Un estudiant disposa de l'ajut d'un despertador per aconseguir arribar a temps a un examen. El despertador aconsegueix despertar-lo un 80% dels casos. Ara be, si sent el despertador la probabilitat que faci l'examen és del 90% i si no el sent, és del 50%.

- p) Quina és la probabilitat que escolti el despertador i no faci l'examen?
- q) Quina és la probabilitat que faci l'examen?

4. En una prestatgeria hi ha 60 novel·les i 20 llibres de poesia. Una persona A tria a l'atzar un llibre i se l'emporta. A continuació una altra persona B en tria un altre a l'atzar.

- r) Quina és la probabilitat que el llibre seleccionat per B sigui una novel·la?
- s) Quina és la probabilitat que el llibre triant per B sigui de poesia?

5. En una capsa tenim dues boles blanques, una negra i set vermelles. Extraiem dues boles successivament i sense retornar-les. Quina és la probabilitat d'obtenir una bola blanca i una negra. I dues de vermelles?

6. En una capsa de 100 xinxetes n'hi ha dues de dolentes, i en una altra capsa igual n'hi ha tres. Quina és la probabilitat que una xinxeta sigui dolenta en cada capsa. Barregem totes les xinxetes i en triem una. Calcula la probabilitat que:

- d) Sigui dolenta i de la primera capsa.
- e) Sigui dolenta i de la segona capsa.
- f) Sigui dolenta
- g) No sigui dolenta.

7. En una caixa hi ha 100 bombetes blanques i 200 de clares. Entre les blanques n'hi ha 4 són defectuoses i entre les clares n'hi ha 8. S'agafa una bombeta a l'atzar. Quina és la probabilitat que la bombeta sigui blanca? I que sigui defectuosa?

EXERCICIS

- 1.- Calcula la probabilitat que surti un nombre parell al tirar un dau.
- 2.- Calcula la probabilitat que surti una o més cares al tirar tres monedes.
- 3.- Traiem una bola d'una caixa que conté quatre boles blanques, tres vermelles i cinc blaves. Quina probabilitat hi ha que surti vermella? I que surti blava?
- 4.- Traiem una carta d'una baralla de 48 cartes. Troba la probabilitat que la carta sigui:
 - a) un rei.
 - b) una figura.
 - c) una espasa.
- 5.- Una caixa conté dos mitjons blancs i dos blaus. Es treuen dos aleatòriament. Determina la probabilitat que siguin del mateix color.
- 6.- En una carrera participen sis cavalls. En Pere aposta per dos d'ells triats a l'atzar. Troba la probabilitat que hagi triat el guanyador.
- 7.- Una classe es compon de 10 alumnes i 20 alumnes. La meitat dels alumnes i de les alumnes tenen els ulls castanys. Quina probabilitat hi ha que si s'escull un alumne a l'atzar sigui un nen i tingui els ulls castanys. I que sigui castany tant si és nen com nena?
- 8.- Tenim tres caixes X, Y, Z que contenen bombetes. La caixa X en té 10 de les quals hi ha 4 de defectuoses. La caixa Y en té 6 de les quals n'hi ha una de defectuosa. La caixa Z en té 8 de les quals 3 són defectuoses. Triem una caixa a l'atzar i d'aquesta caixa n'escollim una bombeta a l'atzar. Quina és la probabilitat que no sigui defectuosa?
- 9.- Una fàbrica disposa de tres màquines A, B, C per a produir determinats objectes. La màquina A produeix el 50% dels objectes dels quals en surten 3% de defectuosos. La màquina B en produeix 30% dels quals n'hi ha 4% de defectuosos. La màquina C en produeix 20% dels objectes dels quals 5% són defectuosos. Quina és la probabilitat que si triem un objecte a l'atzar aquest sigui defectuós?
- 10.- En una cursa intervenen tres cavalls A, B, C que corren dues vegades. Segons les proves preliminars, el cavall A té una probabilitat de guanyar del 50%, el B d'un 30% i el C d'un 20%. Quina és la probabilitat que un mateix cavall guanyi les dues voltes? Quina és la probabilitat que el cavall B guanyi en la segona volta independentment de qui guany a la primera volta? Si hem apostat pel C, quina probabilitat tenim d'encertar a les dues voltes?
- 11.- Si llencem tres monedes d'euro, quina és la probabilitat que a totes tres surti cara. I que surti creu?
- 12.- Si tirem dos daus, quina és la probabilitat que la suma dels dos surti 10. I que surti més de 10.
- 13.- Tenim tres caixes A, B i C. La caixa A té 3 boles vermelles i 5 blanques. La caixa B en té 2 de vermelles i 1 de blanca. La C, 2 de vermelles i 3 de blanques. Si triem una capsula a l'atzar i després una bola també a l'atzar quina és la probabilitat que surti vermella. I que sigui blanca i de la capsula B?

14.- El 65% dels socis d'un club esportiu juguen al tennis, el 40% a bàsquet i el 20% juguen tant a tennis com a bàsquet. Es tria un soci a l'atzar:

- a) Determina la probabilitat que no jugui ni a tennis ni a bàsquet.
- b) Si juga a tennis, determina la probabilitat que jugui a bàsquet.
- c) Si juga a bàsquet, la probabilitat que jugui a tennis.

15.- Tenim les dues capsas següents:

- Una caixa A que conté 5 boles vermelles, 3 de blanques i 8 de blaves.
- Una caixa B que conté 3 boles vermelles i 5 de blanques.

Es tria a l'atzar una capsa i una bola d'aquesta capsa. Troba la probabilitat que la bola sigui: a) vermella, b) blanca o c) blava.

16.- Tenim les dues capsas següents:

- Una caixa A que conté 5 boles vermelles, 3 de blanques i 8 de blaves.
- Una caixa B que conté 3 boles vermelles i 5 de blanques.

Si es llença un dau i surt 3 o 6 es tria una bola a l'atzar de la caixa A; si sort un altre número es tria una bola de la caixa B. Determina la probabilitat que la bola sigui a)vermella, b) blanca o c) blava.

17.- A l'exercici anterior quina és la probabilitat que s'hagi triat la capsa A si la bola que ha sortir es vermella? I si és blanca? I si és blava?

18.- El Vendrell es divideix en tres districtes electorals A, B i C que tenen respectivament el 25%, 35%, 40% del totals dels cens electoral. A les darreres eleccions el 50% dels votants del districte A, els 25% de B i el 30% de C de han votat ERC.

- a) Si triem un votant a l'atzar, quina probabilitat hi ha que sigui votant d'ERC?
- d) Si s'escull un votant que se sap que és votant d'ERC, quina és la probabilitat que sigui del districte C?

19.- Una empresa produeix presòstats en tres fàbriques A, B i C.

- La fàbrica A en produeix el 40% del total de la producció de l'empresa del qual el 2% és defectuós.
- La fàbrica B en produeix el 35% del total de la producció de l'empresa del qual el 4% és defectuós.
- La fàbrica C en produeix el 25% del total de la producció de l'empresa del qual el 3% és defectuós.

Si un client retorna a les oficines centrals un presòstat defectuós, quina probabilitat hi ha que sigui de la fàbrica B? I de la C? I de l'A?

20.- Una prova per a verificar que es pateix Alzheimer és efectiva en un 95% quan es té la malaltia però també dona positiu en un 10% dels casos en els malalts que no la pateixen. Suposem que el 4% de la població major de 65 anys pateix aquesta malaltia.

- a) Quina és la probabilitat que una persona major de 65 anys escollida a l'atzar doni positiu en aquesta prova?
- b) Suposem que una persona major de 65 anys doni positiu en la prova. Quina és la probabilitat que pateixi Alzheimer?
- c) Suposem que una persona major de 65 anys dona negatiu a la prova. Quina és la probabilitat que la persona pateixi la malaltia?

4.7.- DISTRIBUCIÓ DE PROBABILITAT

Variable aleatòria: Associa a cada experiència aleatòria un nombre real.

Funció de probabilitat: Fa correspondre a cada valor de la variable aleatòria la seva probabilitat.

$$f(x_i) = P(x_i)$$

Funció de distribució: És una funció que mesura la probabilitat que la variable aleatòria prengui valors menors o iguals que un de determinar x_i .

$$F(x) = P(X \leq x_i) = \sum_{x_j \leq x} P(X = x_j)$$

ACTIVITAT

1. Els resultats possibles en el llançament de tres monedes a l'aire són els que se indiquen la taula. Completa la taula?

Resultats	CCC	CCX	CXC	CXX	XCC	XCX	XXC	XXX
Nombre de cares					2			

Els valors corresponents al nombre de cares constitueixen una variable aleatòria.

Ara calcula les probabilitats corresponents a cada valor de la variable

Nombre de cares	0	1	2	3
$P(X=x)$	1/8			

Els valors obtinguts constitueixen la funció de probabilitat.

Ara calcules les probabilitats d'obtenir un nombre menor o igual de cares. Completa la taula:

Nombre de cares	0	1	2	3
$P(X \leq x)$			7/8	

Tingués present que $P(X \leq 2) = P(X=0) + P(X=1) + P(X=2)$

Els valors obtinguts corresponen a la funció de distribució.

Exercici:

2. En una bossa hi ha numerades 9 boles amb un u, 5 amb un dos i 6 amb un tres. Traiem una bola i mirem quin número té. Determina els valors de la variable aleatòria de la funció de probabilitat i de la funció de distribució.

Variable aleatòria			
Funció de probabilitat			
Funció de distribució			

4.8.- DISTRIBUCIÓ BINOMIAL

La distribució binomial és una distribució en que cada prova de l'experiència només pot prendre dos valors: correcte o defectuós. Es representa per $B(n, p)$ on n és el nombre de vegades que es repeteix l'experiència i p és la probabilitat de tenir èxit (que sigui correcte).

Característiques:

- a) El resultat de cada prova sols té dos opcions: l'esdeveniment A que s'anomena èxit i l'esdeveniment \bar{A} (no A) que s'anomena fracàs.
- b) La probabilitat d'èxit es representa $P(A) = p$ i la de fracàs es representa per $P(\bar{A}) = q = 1 - p$.

Si X és una variable aleatòria $B(n, p)$, la probabilitat d'obtenir k èxits és:

$$P(X = k) = \binom{n}{k} \cdot p^k \cdot q^{n-k}$$

Estratègia de resolució:

- a) S'escriu la variable aleatòria $X = \dots$
- b) S'escriu el tipus de distribució de X $B(n, p)$
- c) S'escriuen les preguntes del problema.

Paràmetres d'una distribució binomial

- a) Mitjana o esperança matemàtica $\mu = n \cdot p$
- b) Desviació típica $\sigma = \sqrt{n \cdot p \cdot q}$

Els càlculs de probabilitats d'una distribució binomial es pot fer mitjançant taules

1. Una empresa que fabrica bombetes sap que l'1% arriben al mercat defectuoses. Si comprem una capsa amb 10 bombetes, calcula:
 - a) La probabilitat que cap bombeta tingui defecte.
 - b) La probabilitat que almenys 8 no siguin defectuoses.
2. El control de qualitat d'una fàbrica de circuits integrats detecta l'aparició d'un circuit amb defectes amb una probabilitat de 0,1 i sap que el fet que un circuit sigui defectuós és independent del fet que els altres també ho siguin. En el curs de la fabricació elegim 5 circuits a l'atzar.
 - a) Quina és la probabilitat que hi hagi dos circuits que siguin defectuosos?
 - b) Quina és la probabilitat que almenys 1 dels circuits sigui defectuós?
 - c) Si agafem una mostra de 5.000 circuits integrats, quin és el nombre mitjà de circuits defectuosos? Quina és la seva desviació típica.?
3. Una empresa que embotella lleixiu llança al mercat dos models d'ampolles diferents A i B que tenen la mateixa probabilitat de ser escollits. Si s'ofereixen els dos tipus a vuit llars elegides a l'atzar, calcula:
 - a) La probabilitat que almenys en 6 llars escullin el model A.
 - b) La probabilitat que en cap llar escullin el model B.
4. Si el 20% dels panys produïts per una màquina són defectuosos, determina la probabilitat que de 4 panys escollits a l'atzar:
 - a) 1 sigui defectuós.
 - b) Com a màxim 2 siguin defectuosos.

4.9.- DISTRIBUCIÓ NORMAL

La distribució normal és una distribució a la qual s'hi ajusten molts fenòmens naturals i socials. Es representa per $N(\bar{x}, \sigma)$ on σ és la desviació típica i \bar{x} la mitjana o esperança matemàtica. La seva representació gràfica té forma de campana i per això es coneix com la **campana de Gauss**.

La distribució de probabilitat és l'àrea sota la corba i respon a la fórmula:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{x - \bar{x}}{\sigma} \right)^2}$$

L'estudi d'aquesta funció posa de manifest que si designem per \bar{x} la mitjana i per σ la desviació típica és compleix que per als intervals:

- a) $(\bar{x} - \sigma, \bar{x} + \sigma)$ la població afectada per l'estudi representa el 68 %.
- b) $(\bar{x} - 2\sigma, \bar{x} + 2\sigma)$ la població afectada per l'estudi representa el 94%
- c) $(\bar{x} - 3\sigma, \bar{x} + 3\sigma)$ la població afectada per l'estudi representa el 99 %

La distribució normal estàndard o tipificada és aquella en què la mitjana és 0 i la desviació típica és 1. És a dir $N(\bar{x}, \sigma) = N(0,1)$. Té interès perquè està tabulada i facilita les operacions.

Per poder aplicar la taula de càlcul de la probabilitat cal abans **tipificar la variable** cosa que es pot fer amb:

$$z_i = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma}$$

Exercicis

1. En una fàbrica de cargols s'ha agafat una mostra de 3000 i s'ha mesurat en mm la seva longitud el resultat es distribueix segona la llei normal $N(26,7)$. Calcula entre quins valors es troba el 68% de la població, el 94% i el 99%.
 2. En un procés de fabricació de peces foradades s'ha controlat el diàmetre del forat que correspon a una llei normal $N(23,0,5)$. Entre quins valors es troba el 68% de la mostra, i el 94% i el 99%.
 3. En una distribució normal tipificada $N(0,1)$ utilitza la taula per calcular les probabilitats següents:
 - a) $P(z \leq 3,7)$
 - b) $P(z \leq -1,1) = 1 - P(z \leq 1,1)$
 - c) $P(z > 2,44) = 1 - P(z \leq 2,4)$
 - d) $P(z \leq 3,06)$
 - e) $P(z \leq -1,5) =$
 - f) $P(z \geq 2)$
 4. En una distribució normal $N(7,4)$ calcula $P(x \leq 5)$, $P(6 \leq x \leq 9)$, $P(-1 \leq x \leq 3)$
 5. En una distribució normal $N(150,10)$ calcula:
 $P(x \leq 173)$, $P(x \leq 160,5)$, $P(135,5 \leq x \leq 180)$
- Recorda que per aplicar les taules cal tipificar prèviament la variable i que
- $$P(k_1 \leq x \leq k_2) = P(x \leq k_2) - P(x \leq k_1)$$
6. En una ferreteria on es venen claus, el nombre de claus que hi ha a cada capsa segueix una distribució normal de paràmetres $N(200,10)$. Es demana:
 - a) Quin és el percentatge de caps que contenen entre 180 i 200 claus.
 7. Sabem que la vida mitjana d'un electrodomèstic és de 10 anys amb una desviació típica de 0,7 anys. Suposem que aquesta vida mitjana segueix una distribució normal. Calcula:

- a) La probabilitat que l'electrodomèstic duri més de 9 anys.
- b) La probabilitat que duri entre 9 i 11 anys.

EXERCICIS

- 1.- Calcula la probabilitat $P(k)$ per a una distribució binomial $B(n,p)$ on
 - $n=5$, $p= \frac{1}{4}$ i $k=2$
 - $n=10$, $p= \frac{1}{2}$ i $k=7$
 - $n=8$, $p= \frac{2}{3}$ i $k=5$.
- 2.- Suposem que el 20% dels objectes fabricats per una empresa són defectuosos. Tria 4 objectes a l'atzar. Quina és la probabilitat que 2 siguin defectuosos? I que ho siguin 3? I que cap sigui defectuós?
- 3.- La probabilitat que Joan doni en el blanc és 0,25. Tira 6 vegades. Troba la probabilitat que doni en el blanc exactament 2 vegades. Quina probabilitat hi ha que ho faci més de quatre. I al menys un cop?
- 4.- Una família té sis fills. Si es considera que la probabilitat que sigui nen és 0,5, determina la probabilitat que siguin tres nens i tres nenes? Quina és la probabilitat que hi hagi menys nens que nenes?
- 5.- El percentatge de penaltis encertats per un jugador de futbol és del 30%. Si llença quatre de seguits. Troba la probabilitat que a) marqui dos, b) marqui al menys un.
- 6.- Un examen per aconseguir el carnet d'instal·lador té 10 qüestions tipus test. Hi ha 4 possibles respostes a cada pregunta. Un aspirant no ha estudiat gens i ha decidit provar sort. Si per aprovar cal els 70% de les respostes encertades, troba la probabilitat que aprovi.
- 7.- Troba les probabilitats següents per a una variable normal tipificada:
a) $p(-0,5 \leq z \leq 1,1)$ b) $p(0,2 \leq z \leq 1,4)$ c) $p(z \leq 0,75)$ d) $p(z \geq 1,6)$
- 8.- Si una distribució normal $N(\bar{x}, \sigma)$ té una mitjana de 70 i una desviació típica de 2 determina les probabilitats següents:
a) $P(68 \leq x \leq 74)$ b) $P(72 \leq x \leq 75)$ c) $P(63 \leq x \leq 68)$ d) $P(x \geq 73)$
- 9.- Les alçades dels homes a Catalunya es distribueix segons una llei normal de mitjana 168 cm i desviació típica de 4. Quin percentatge de catalans hi ha:
a) entre 150 i 175, b) entre 175 i 190, c) Més petits que 150, d) majors de 190.
- 10.- Tirem un a moneda 100 vegades. Aproximant el resultat amb la llei normal, troba la probabilitat que surti cara a) 60 cops, b) entre 48 i 59 cops c) menys de 45 cops.
- 11.- El 4% de la població major de 65 anys té la malaltia d'Alzheimer. Si agafem una mostra aleatòria de 9600 persones majors de 65 anys. Troba la probabilitat que al menys 400 tinguin la malaltia.
- 12.- Els diàmetres de les ampolles fabricades en una empresa es distribueixen normalment amb una mitjana de 25 mm i una desviació típica de 2. Es considera que una ampolla és defectuosa si $d \leq 20$ o $d \geq 28$. Determina el percentatge d'ampolles defectuoses fabricades per l'empresa.

Taula de la distribució binomial

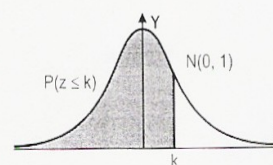
$$P(X = k) = \binom{n}{k} p^k (1 - p)^{n - k}$$

n	k	p											
		0,01	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	1/3	0,35	0,4	0,45	0,5
2	0	0,9801	0,9025	0,8100	0,7225	0,6400	0,5625	0,4900	0,4444	0,4225	0,3600	0,3025	0,2500
	1	0,0198	0,0950	0,1800	0,2550	0,3200	0,3750	0,4200	0,4444	0,4550	0,4800	0,4950	0,5000
3	0	0,9901	0,9001	0,8100	0,7225	0,6400	0,5625	0,4900	0,4444	0,4225	0,3600	0,3025	0,2500
	1	0,0294	0,1354	0,2430	0,3251	0,3840	0,4219	0,4410	0,4444	0,4436	0,4320	0,4084	0,3750
4	0	0,9606	0,8145	0,6561	0,5220	0,4096	0,3164	0,2401	0,1975	0,1785	0,1296	0,0915	0,0625
	1	0,0388	0,1715	0,2916	0,3685	0,4096	0,4219	0,4116	0,3951	0,3845	0,3456	0,2995	0,2500
5	0	0,9510	0,7738	0,5905	0,4437	0,3277	0,2373	0,1681	0,1317	0,1160	0,0778	0,0503	0,0313
	1	0,0480	0,2036	0,3281	0,3915	0,4096	0,3955	0,3602	0,3292	0,3124	0,2592	0,2059	0,1563
6	0	0,9415	0,7351	0,5314	0,3771	0,2621	0,1780	0,1176	0,0878	0,0754	0,0467	0,0277	0,0156
	1	0,0571	0,2321	0,3543	0,3993	0,3932	0,3560	0,3025	0,2634	0,2437	0,1866	0,1359	0,0938
7	0	0,9321	0,6983	0,4783	0,3206	0,2097	0,1335	0,0824	0,0585	0,0490	0,0280	0,0152	0,0078
	1	0,0659	0,2573	0,3720	0,3960	0,3670	0,3115	0,2471	0,2048	0,1848	0,1306	0,0872	0,0547
8	0	0,9227	0,6634	0,4305	0,2725	0,1678	0,1001	0,0576	0,0390	0,0319	0,0168	0,0084	0,0039
	1	0,0746	0,2793	0,3826	0,3847	0,3355	0,2670	0,1977	0,1561	0,1373	0,0896	0,0548	0,0313
9	0	0,9135	0,6302	0,3874	0,2316	0,1342	0,0751	0,0404	0,0260	0,0207	0,0101	0,0046	0,0020
	1	0,0830	0,2985	0,3874	0,3679	0,3020	0,2253	0,1556	0,1171	0,1004	0,0605	0,0339	0,0176
10	0	0,9044	0,5987	0,3487	0,1969	0,1074	0,0563	0,0282	0,0173	0,0135	0,0060	0,0025	0,0010
	1	0,0914	0,3151	0,3874	0,3474	0,2684	0,1877	0,1211	0,0867	0,0725	0,0403	0,0207	0,0098
11	0	0,8952	0,5729	0,3229	0,1729	0,0828	0,0414	0,0207	0,0104	0,0066	0,0028	0,0010	0,0004
	1	0,1000	0,3500	0,3800	0,3300	0,2500	0,1700	0,1000	0,0600	0,0400	0,0200	0,0100	0,0050
12	0	0,8860	0,5500	0,3000	0,1500	0,0700	0,0350	0,0175	0,0088	0,0050	0,0020	0,0008	0,0003
	1	0,1100	0,3600	0,3700	0,3200	0,2400	0,1600	0,0900	0,0500	0,0300	0,0150	0,0075	0,0038
13	0	0,8769	0,5300	0,2800	0,1400	0,0600	0,0300	0,0150	0,0075	0,0040	0,0015	0,0006	0,0002
	1	0,1150	0,3650	0,3750	0,3250	0,2450	0,1650	0,0950	0,0550	0,0350	0,0175	0,0088	0,0044
14	0	0,8678	0,5100	0,2600	0,1300	0,0500	0,0250	0,0125	0,0063	0,0030	0,0010	0,0004	0,0001
	1	0,1200	0,3700	0,3800	0,3300	0,2500	0,1700	0,1000	0,0600	0,0400	0,0200	0,0100	0,0050
15	0	0,8587	0,4900	0,2400	0,1200	0,0400	0,0200	0,0100	0,0050	0,0025	0,0008	0,0003	0,0001
	1	0,1250	0,3750	0,3850	0,3350	0,2550	0,1750	0,1050	0,0650	0,0450	0,0225	0,0113	0,0056
16	0	0,8496	0,4700	0,2200	0,1100	0,0300	0,0150	0,0075	0,0038	0,0019	0,0007	0,0003	0,0001
	1	0,1300	0,3800	0,3900	0,3400	0,2600	0,1800	0,1100	0,0700	0,0500	0,0250	0,0125	0,0063
17	0	0,8405	0,4500	0,2000	0,1000	0,0200	0,0100	0,0050	0,0025	0,0013	0,0005	0,0002	0,0001
	1	0,1350	0,3850	0,3950	0,3450	0,2650	0,1850	0,1150	0,0750	0,0550	0,0275	0,0138	0,0069
18	0	0,8314	0,4300	0,1800	0,0900	0,0100	0,0050	0,0025	0,0013	0,0006	0,0003	0,0001	0,0000
	1	0,1400	0,3900	0,4000	0,3500	0,2700	0,1900	0,1200	0,0800	0,0600	0,0300	0,0150	0,0075
19	0	0,8223	0,4100	0,1600	0,0800	0,0000	0,0050	0,0025	0,0013	0,0006	0,0003	0,0001	0,0000
	1	0,1450	0,3950	0,4050	0,3550	0,2750	0,1950	0,1250	0,0850	0,0650	0,0325	0,0163	0,0078
20	0	0,8132	0,3900	0,1400	0,0700	0,0000	0,0050	0,0025	0,0013	0,0006	0,0003	0,0001	0,0000
	1	0,1500	0,4000	0,4100	0,3600	0,2800	0,2000	0,1300	0,0900	0,0700	0,0350	0,0175	0,0088
21	0	0,8041	0,3700	0,1200	0,0600	0,0000	0,0050	0,0025	0,0013	0,0006	0,0003	0,0001	0,0000
	1	0,1550	0,4050	0,4150	0,3650	0,2850	0,2050	0,1350	0,0950	0,0750	0,0375	0,0188	0,0094
22	0	0,7950	0,3500	0,1000	0,0500	0,0000	0,0050	0,0025	0,0013	0,0006	0,0003	0,0001	0,0000
	1	0,1600	0,4100	0,4200	0,3700	0,2900	0,2100	0,1400	0,1000	0,0800	0,0400	0,0200	0,0100
23	0	0,7859	0,3300	0,0800	0,0400	0,0000	0,0050	0,0025	0,0013	0,0006	0,0003	0,0001	0,0000
	1	0,1650	0,4150	0,4250	0,3750	0,2950	0,2150	0,1450	0,1050	0,0850	0,0425	0,0213	0,0106
24	0	0,7768	0,3100	0,0600	0,0300	0,0000	0,0050	0,0025	0,0013	0,0006	0,0003	0,0001	0,0000
	1	0,1700	0,4200	0,4300	0,3800	0,3000	0,2200	0,1500	0,1100	0,0900	0,0450	0,0225	0,0113
25	0	0,7677	0,2900	0,0400	0,0200	0,0000	0,0050	0,0025	0,0013	0,0006	0,0003	0,0001	0,0000
	1	0,1750	0,4250	0,4350	0,3850	0,3050	0,2250	0,1550	0,1150	0,0950	0,0475	0,0238	0,0119
26	0	0,7586	0,2700	0,0200	0,0100	0,0000	0,0050	0,0025	0,0013	0,0006	0,0003	0,0001	0,0000
	1	0,1800	0,4300	0,4400	0,3900	0,3100	0,2300	0,1600	0,1200	0,1000	0,0500	0,0250	0,0125
27	0	0,7495	0,2500	0,0000	0,0000	0,0000	0,0050	0,0025	0,0013	0,0006	0,0003	0,0001	0,0000
	1	0,1850	0,4350	0,4450	0,3950	0,3150	0,2350	0,1650	0,1250	0,1050	0,0525	0,0263	0,0128
28	0	0,7404	0,2300	0,0000	0,0000	0,0000	0,0050	0,0025	0,0013	0,0006	0,0003	0,0001	0,0000
	1	0,1900	0,4400	0,4500	0,4000	0,3200	0,2400	0,1700	0,1300	0,1100	0,0550	0,0275	0,0131
29	0	0,7313	0,2100	0,0000	0,0000	0,0000	0,0050	0,0025	0,0013	0,0006	0,0003	0,0001	0,0000
	1	0,1950	0,4450	0,4550	0,4050	0,3250	0,2450	0,1750	0,1350	0,1150	0,0575	0,0288	0,0134
30	0	0,7222	0,1900	0,0000	0,0000	0,0000	0,0050	0,0025	0,0013	0,0006	0,0003	0,0001	0,0000
	1	0,2000	0,4500	0,4600	0,4100	0,3300	0,2500	0,1800	0,1400	0,1200	0,0600	0,0300	0,0150
31	0	0,7131	0,1700	0,0000	0,0000	0,0000	0,0050	0,0025	0,0013	0,0006	0,0003	0,0001	0,0000
	1	0,2050	0,4550	0,4650	0,4150	0,3350	0,2550	0,1850	0,1450	0,1250	0,0625	0,0313	0,0153
32	0	0,7040	0,1500	0,0000	0,0000	0,0000	0,0050	0,0025	0,0013	0,0006	0,0003	0,0001	0,0000
	1	0,2100	0,4600	0,4700	0,4200	0,3400	0,2600	0,1900	0,1500	0,1300	0,0650	0,0325	0,0156
33	0	0,6949	0,1300	0,0000	0,0000	0,0000	0,0050	0,0025	0,0013	0,0006	0,0003	0,0001	0,0000
	1	0,2150	0,4650	0,4750	0,4250	0,3450	0,2650	0,1950	0,1550	0,1350	0,0675	0,0338	0,0159
34	0	0,6858	0,1100	0,0000	0,0000	0,0000	0,0050	0,0025	0,0013	0,0006	0,0003	0,0001	0,0000
	1	0,2200	0,4700	0,4800	0,4300	0,3500	0,2700	0,2000	0,1600	0,1400	0,0700	0,0350	0,0163
35	0	0,6767	0,0900	0,0000	0,0000	0,0000	0,0050	0,0025	0,0013	0,0006	0,0003	0,0001	0,0000
	1	0,2250	0,4750	0,4850	0,4350	0,3550	0,2750	0,2050	0,1650	0,1450	0,0725	0,0363	0,0166
36	0	0,6676	0,0700	0,0000	0,0000	0,0000	0,0050	0,0025	0,0013	0,0006	0,0003	0,0001	0,0000
	1	0,2300	0,4800	0,4900	0,4400	0,3600	0,2800	0,2100	0,1700	0,1500	0,0750	0,0375	0,0169
37	0	0,6585	0,0500	0,0000	0,0000	0,0000	0,0050	0,0025	0,0013	0,0006	0,0003	0,0001	0,0000
	1	0,2350	0,4850	0,4950	0,4450	0,3650	0,2850	0,2150	0,1750	0,1550	0,0775	0,0388	0,0172
38	0	0,6494	0,0300	0,0000	0,0000	0,0000	0,0050	0,0025	0,0013	0,0006	0,0003	0,0001	0,0000
	1	0,2400	0,4900	0,5000	0,4500	0,3700	0,2900	0,2200	0,1800	0,1600	0,0800	0,0400	0,0200
39	0	0,6403	0,0100	0,0000	0,0000	0,0000	0,0050	0,0025	0,0013	0,0006	0,0003	0,0001	0,0000
	1	0,2450	0,4950	0,5050	0,4550	0,3750	0,2950	0,2250	0,1850	0,1650	0,0825	0,0413	0,0203
40	0	0,6312	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0050	0,0025	0,0013	0,0006	0,0003	0,0001	0,0000

Taula de la normal

$N(0, 1)$

k	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,0	0,5000	0,5040	0,5080	0,5120	0,5160	0,5199	0,5239	0,5279	0,5319	0,5359
0,1	0,5398	0,5438	0,5478	0,5517	0,5557	0,5596	0,5636	0,5675	0,5714	0,5753
0,2	0,5793	0,5832	0,5871	0,5910	0,5948	0,5987	0,6026	0,6064	0,6103	0,6141
0,3	0,6179	0,6217	0,6255	0,6293	0,6331	0,6368	0,6406	0,6443	0,6480	0,6517
0,4	0,6554	0,6591	0,6628	0,6664	0,6700	0,6736	0,6772	0,6808	0,6844	0,6879
0,5	0,6915	0,6950	0,6985	0,7019	0,7054	0,7088	0,7123	0,7157	0,7190	0,7224
0,6	0,7257	0,7291	0,7324	0,7357	0,7389	0,7422	0,7454	0,7486	0,7517	0,7549
0,7	0,7580	0,7611	0,7642	0,7673	0,7704	0,7734	0,7764	0,7794	0,7823	0,7852
0,8	0,7881	0,7910	0,7939	0,7967	0,7995	0,8023	0,8051	0,8078	0,8106	0,8133
0,9	0,8159	0,8186	0,8212	0,8238	0,8264	0,8289	0,8315	0,8340	0,8365	0,8389
1,0	0,8413	0,8438	0,8461	0,8485	0,8508	0,8531	0,8554	0,8577	0,8599	0,8621
1,1	0,8643	0,8665	0,8686	0,8708	0,8729	0,8749	0,8770	0,8790	0,8810	0,8830
1,2	0,8849	0,8869	0,8888	0,8907	0,8925	0,8944	0,8962	0,8980	0,8997	0,9015
1,3	0,9032	0,9049	0,9066	0,9082	0,9099	0,9115	0,9131	0,9147	0,9162	0,9177
1,4	0,9192	0,9207	0,9222	0,9236	0,9251	0,9265	0,9279	0,9292	0,9306	0,9319
1,5	0,9332	0,9345	0,9357	0,9370	0,9382	0,9394	0,9406	0,9418	0,9429	0,9441
1,6	0,9452	0,9463	0,9474	0,9484	0,9495	0,9505	0,9515	0,9525	0,9535	0,9545
1,7	0,9554	0,9564	0,9573	0,9582	0,9591	0,9599	0,9608	0,9616	0,9625	0,9633
1,8	0,9641	0,9649	0,9656	0,9664	0,9671	0,9678	0,9686	0,9693	0,9699	0,9706
1,9	0,9713	0,9719	0,9726	0,9732	0,9738	0,9744	0,9750	0,9756	0,9761	0,9767
2,0	0,9772	0,9778	0,9783	0,9788	0,9793	0,9798	0,9803	0,9808	0,9812	0,9817
2,1	0,9821	0,9826	0,9830	0,9834	0,9838	0,9842	0,9846	0,9850	0,9854	0,9857
2,2	0,9861	0,9864	0,9868	0,9871	0,9875	0,9878	0,9881	0,9884	0,9887	0,9890
2,3	0,9893	0,9896	0,9898	0,9901	0,9904	0,9906	0,9909	0,9911	0,9913	0,9916
2,4	0,9918	0,9920	0,9922	0,9925	0,9927	0,9929	0,9931	0,9932	0,9934	0,9936
2,5	0,9938	0,9940	0,9941	0,9943	0,9945	0,9946	0,9948	0,9949	0,9951	0,9952
2,6	0,9953	0,9955	0,9956	0,9957	0,9959	0,9960	0,9961	0,9962	0,9963	0,9964
2,7	0,9965	0,9966	0,9967	0,9968	0,9969	0,9970	0,9971	0,9972	0,9973	0,9974
2,8	0,9974	0,9975	0,9976	0,9977	0,9977	0,9978	0,9979	0,9979	0,9980	0,9981
2,9	0,9981	0,9982	0,9982	0,9983	0,9984	0,9984	0,9985	0,9985	0,9986	0,9986
3,0	0,9987	0,9987	0,9987	0,9988	0,9988	0,9989	0,9989	0,9989	0,9990	0,9990
3,1	0,9990	0,9991	0,9991	0,9991	0,9992	0,9992	0,9992	0,9992	0,9993	0,9993
3,2	0,9993	0,9993	0,9994	0,9994	0,9994	0,9994	0,9994	0,9995	0,9995	0,9995
3,3	0,9995	0,9995	0,9995	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9997
3,4	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9998
3,5	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998
3,6	0,9998	0,9998	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999
3,7	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999
3,8	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999
3,9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4,0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1



EXERCICIS

1. En una illa de cases hi ha 10 aparcaments. A cada aparcament es pot trobar o no un automòbil amb independència del que passi en els altres. Si la probabilitat que un aparcament està ocupat és de 0,4. Es pregunta:
a) Calcula la probabilitat que en un cert dia es trobin 8 automòbils aparcats.
(Resultat 0,0106)
2. Una enquesta revela que el 20% de la població és favorable a un polític i la resta és desfavorable. Escollides 6 persones a l'atzar, es vol saber:
a) La probabilitat que les 6 persones siguin desfavorables (R: 0,262144)
b) La probabilitat que les 6 persones siguin favorables (R: 0,000064)
3. Una determinada raça de gossos té 4 cadells en una camada. Si la probabilitat que un cadell sigui mascle és de 0,55. Es demana:
a) La probabilitat que en una camada hi hagi exactament dues femelles (R: 0,36754)
b) La probabilitat que en una camada al menys hi hagi dues femelles (R: 0,609)
4. El pes dels braus d'una determinada ramaderia es pot representar com una distribució normal de 500 kg de mitjana i de 45 kg de desviació típica. Si la ramaderia té 2.000 braus.
a) Quanta pesen més de 540 kg? (R: 373)
b) Quants pesen menys de 480 kg? (R: 660)
c) Quanta pesen entre 490 i 510? (R: 348)
5. Una companyia aèria sap que el temps de retràs dels seus vols segueix una llei normal, amb un retràs mitjà de 10 minuts i una desviació típica de 5 minuts. Calcula:
a) La probabilitat que un vol no tingui retràs? (R: 0,0228)
b) Probabilitat que el proper vol arribi amb no més de 10 minuts de retràs? (R: 0,5)
c) Probabilitat que el proper vol arribi amb no més de 20 minuts de retràs? (R: 0,9772)
6. La talla de 800 recent nascuts es distribueix segons una llei normal de mitjana 66 cm i de desviació 5. Calcula quants recent nascuts hi haurà entre 65 cm i 70 cm.
7. Es disposa de tres capses de bombetes. La primera en conté deu de les quals n'hi ha 4 foses. A la segona en té 6 de les quals sols n'hi ha una de fosa. I la tercera capsa conté tres bombetes foses d'un total de buit. Quina és la probabilitat que en agafar una bombeta a l'atzar d'una qualsevol de les capses estigui fosa?
- 8 Tres màquines A, B i C fabriquen cargols del mateix tipus. Els percentatges de defectuosos a cada màquina és respectivament de 0,9%, 1,8% i 4,06%. Mesclen 230 cargols procedents 50 de la màquina A, 130 de la màquina B i la resta de la C.
a) Quina és la probabilitat que sigui defectuós?
b) Quina és la probabilitat que sigui defectuós i de la màquina A?
c) Quina és la probabilitat que sigui bo i de la màquina B?

4.10.-ELS GRÀFICS DE CONTROL

El gràfic de control és una representació gràfica de les dades en funció del temps. Amb un histograma es veu com es distribueixen les dades però no es veu com evolucionen al llarg del temps. En canvi, per detectar els possibles errors produïts pels canvis de personal, de material, de mètodes etc., és fonamental saber l'evolució de les dades mesurades al llarg del temps.

Tipus de gràfics de control

Varia segons la classes de dades que contingui.

Tipus de dades	Gràfic de control
No discretes Mesures (mm) Volums (cc) Pes de productes (g) Energia (kWh)	Gràfic de control $\bar{x} - R$
Discretes Quantitat de productes defectuosos Fracció defectuosa Proporció de productes de segona classe	Gràfic de control p n Gràfic de control p
Discretes Quantitat de perforacions en planxes d'àrees diferents Quantitat de partícules estranyes en productes de volum diferent. Quantitat de perforacions en un àrea especificada Quantitats de partícules estranyes en un volum específic	Gràfic de control u Gràfic de control c

Construcció d'un gràfic $\bar{x} - R$

És un gràfic que es basa en el càlcul de la mitjana i de l'amplitud. Consta de dues parts, una que analitza l'evolució de la mitjana al llarg del temps i l'altre que ho fa amb l'amplitud. El primer ens indica els canvis que pateix el valor mitjà del procés. El segon estudia les variacions que pateix la dispersió del procés. **És un mètode molt eficaç per verificar si existeixen anomalies en el procés.**

Veurem ara com es procedeix a la seva construcció a partir de les dades que corresponen a porcions de resina sintètica recollides cinc vegades al dia que es recullen a la taula següent.

- Primer, reuneix les dades en quantitat bastant gran (més de 100) perquè el resultat sigui fiable.
- Divideix les dades en subgrups segons l'ordre de mesura o segons el lot.
- Registra les dades en una taula i calcula per a cada subgrup la mitjana $\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$ i l'amplitud $R = x_{\text{major}} - x_{\text{menor}}$
- Calcula la mitjana general (k = nombre de subgrups)

$$\bar{x} = \frac{\sum \bar{x}_i}{k}$$

e) Calcula de la mateixa manera la mitjana de les amplituds \bar{R}

Dia	Hores 6:00	10:00	14:00	18:00	22:00	\bar{x}	R
1	14,0	12,6	13,2	13,1	12,1		
2	13,2	13,3	12,7	13,4	12,1		
3	13,5	12,8	13,0	12,8	12,4		
4	13,9	12,4	13,3	13,1	13,2		
5	13,0	13,0	12,1	12,2	13,3		
6	13,7	12,0	12,5	12,4	12,4		
7	13,9	12,1	12,7	13,4	13,0		
8	13,4	13,6	13,0	12,4	13,5		
9	13,4	12,4	12,2	12,4	12,5		
10	13,3	12,4	12,6	12,9	12,8		
11	13,3	12,8	13,0	13,0	13,1		
12	13,6	12,5	13,3	13,5	12,8		
13	13,6	13,3	12,0	13,0	13,1		
14	13,9	13,1	13,5	12,6	12,8		
15	14,2	12,7	12,9	12,9	12,5		
16	13,6	12,6	12,4	12,5	12,2		
17	14,0	13,2	12,4	13,0	13,0		
18	13,1	12,9	13,5	12,3	12,8		
19	14,6	13,7	13,4	12,2	12,5		
20	13,9	13,0	13,0	13,2	12,6		
21	13,3	12,7	12,6	12,8	12,7		
22	13,9	12,4	12,7	12,4	12,8		
23	13,2	12,3	12,6	13,1	12,7		
24	13,2	12,8	12,8	12,3	12,6		
25	13,3	12,8	12,0	12,3	12,2		

Un cop fetes aquestes operacions es representen aquestes dades en uns eixos on en abscisses es posen els subgrups i en ordenades els valors de \bar{x} i de R respectivament.

Els gràfic de control ha de servir per descobrir les anormalitats per això es dibuixen unes **línies de control** que són rectes paral·leles a l'eix d'abscisses. Hi ha tres línies de control: **Línia de control superior (LCS)**. **Línia central**. **Línia de control inferior (LCI)**

Càlcul de les línies de control

	Gràfic \bar{x}	Gràfic R
Línia de control superior (LCS).	$LCS = \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R}$	$LCS = D_4 \bar{R}$
Línia central	$LC = \bar{\bar{x}}$	$LC = \bar{R}$
Línia de control inferior (LCI)	$LCI = \bar{\bar{x}} - A_2 \bar{R}$	$LCI = D_3 \bar{R}$

Els valors dels paràmetres A_2 , D_4 i D_3 figuren a la taula:

n	A_2	D_4	D_3
2	1,880	3,267	-
3	1,023	2,575	-
4	0,729	2,282	-
5	0,577	2,115	-
6	0,483	2,004	-
7	0,419	1,924	0,076

- f) Amb les dades de que disposes dibuixa el gràfic de control. Per als valor de les mitjanes usa un punt i per als valors de R una creu.

Interpretació dels gràfics de control

L'objecte de construir un gràfic de control és determinar els canvis que han tingut lloc en el procés de producció a partir de la informació que ens donen el moviments dels punts del gràfic.

Així doncs **no hi ha anomalia** si:

- Tots els punts es troben dins dels límits de control
- Els punts no s'agrupen d'una forma particular.

En canvi, pensarem que **hi ha alguna anomalia** si:

- Hi ha alguns punts que hi son fora dels límits de control
- Els punts tenen una disposició particular tot i que estiguin dintre dels límits.

Anomalies habituals

La primera de totes és quan els punts surten fora dels límits de control. Aquesta anomalia és fàcilment detectable. No obstant hi altres casos en què els punts no surten dels límits i en canvi es presenten algunes anomalies. Les més habituals són:

- Els cicles:** Tenen lloc quan els punts s'alineen solament a un costat de la línia central. La quantitat de punts que estan en aquesta situació s'anomena **longitud del cicle**. Si hi ha un cicle de longitud superior a 7 afirmarem que hi ha una anomalia de producció.
- Les tendències:** Tenen lloc si es verifica un ascens o un descens continuat en una sèrie de punts. En aquest cas també considerarem que hi ha anomalia si hi ha 7 punts consecutius que ascendeixen o descendeixen continuadament. Molt sovint els punts superen els límits de control abans d'arribar a 7.
- La periodicitat:** Si els punts presenten la mateixa pauta de variació d'ascens o de descens al llarg d'interval iguals direm que hi ha periodicitat.
- Les adherències a la línia de control:** Aquesta anomalia té lloc quan els punts del gràfic de control envolten de prop la línia central. Aleshores es diu que hi ha adherència a la línia de control. En aquest cas cal canviar d'agrupament de les dades i fer un altre gràfic de control.

Per avaluar si hi ha adherència es dibuixa en el gràfic dues rectes a la meitat o a 2/3 de la distància de les línies LCS i LC i de les línies LC i LCI.

- Hi ha adherència a la línia central si la major part dels punts cauen dins de les dues rectes.
- Hi ha adherència a la línia de control si 3 de 7 punts cauen en el terç exterior,

ACTIVITAT

1.Un torn fabrica una peça mecànica. Recentment s'ha detectat que hi ha peces que tenen un orifici de diàmetre incorrecte i aquests defectes han perjudicar el muntatge. Hem dut a terme un estudi de mostreig aleatori diari per mesurar el diàmetre de l'orifici en cinc peces . A partir de les dades obtingudes fes un gràfic de control

Data	Diàmetre en 0,001 mm				
1	7	24	24	20	25
2	17	37	28	16	26
3	12	22	40	36	34
4	52	35	29	36	24
5	28	28	34	29	48
6	39	27	48	32	25
7	36	21	31	22	28
8	5	33	15	26	42
9	50	34	37	27	34
10	21	17	20	25	16
11	34	18	29	43	24
12	18	35	26	23	17

13	10	28	19	26	21
14	21	23	35	28	38
15	27	41	15	22	23

Gràfics de control p i pn

El gràfic de control p és el que mostra la fracció defectuosa mentre que el gràfic pn mostra la quantitat de producte defectuós. Són molt semblants llevat que el gràfic pn es fa servir quan els subgrups són de mida constant i el gràfic p quan els subgrups són de mida variable. **Aquest gràfics mostren conjuntament la mitjana i la desviació del procés.**

Construcció del gràfic p

- Recollir les dades en quantitat abundant
- Dividir les dades en subgrups: per dates, per lots, etc. La mida de cada subgrup ha de ser major de 50.

La taula següent podria ser el resultat de la recollida de dades relativa a les peces defectuoses en la fabricació d'unes màquines elèctriques.

Subgrup núm.	Mida del subgrup n	Quantitat de defectuosos pn	Percentatge defectuosos p (%)	LCS (%)	LCI (%)
1	115	15			
2	220	18			
3	210	23			
4	220	22			
5	220	18			
6	255	15			
7	440	44			
8	365	47			
9	255	13			
10	300	33			
11	280	42			
12	330	46			
13	320	38			
14	225	29			
15	290	26			
16	170	17			
17	65	5			
18	100	7			
19	135	14			
20	280	36			
21	250	25			
22	220	24			
23	220	20			
24	220	15			
25	220	18			
Total	5925	610			

- Calcular la fracció defectuosa per a cada subgrup i incorporar-la a la taula.

$$p = \frac{\text{Quantitat de producte defectuós}}{\text{Mida del subgrup}} = \frac{pn}{n} \times 100$$

- Calcular la fracció defectuosa mitjana

$$\bar{p} = \frac{\text{Total de productes defectuosos}}{\text{Total inspeccionat}} = \frac{\sum pn}{\sum n}$$

- Calcular els límits de control

- Línia central : $LC = \bar{p}$

- Límit de control superior $LCS = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$

- Límit de control inferior $LCI = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$

Cal tenir present que aquí els límits de control no són una única línia recta sinó varien per a cada valor de n. Així doncs s'assemblaran més a una funció esglaonada.

f) Dibuixa el gràfic de control p

Construcció del gràfic pn

Construirem un gràfic pn utilitzant les dades de la taula següent que recull l'estudi d'un procés d'argentat consistent a analitzar les peces defectuoses obtingudes de 30 lots de 100 peces cada un.

Subgrup	Mida del subgrup	Quantitat de defectuoses pn	Subgrup	Mida del subgrup	Quantitat de defectuoses pn
1	100	1	16	100	5
2		6	17		4
3		5	18		1
4		5	19		6
5		4	20		15
6		3	21		12
7		2	22		6
8		2	23		3
9		4	24		4
10		6	25		3
11		2	26		3
12		1	27		2
13		3	28		5
14		1	29		7
15		4	30		4
			total	3000	129

Es tracta de representar els valors de la columna pn com en els casos anteriors: en abscisses el numero del grup i en ordenades el valor de pn. Sols s'ha de tenir en compte com calcular els límits.

a) Calcula primerament $\bar{p} = \frac{\text{Total de productes defectuosos}}{\text{Total inspeccionat}} = \frac{\sum pn}{\sum n}$

b) A continuació calcula :

a. Línia central : $LC = \bar{pn}$

b. Límit de control superior: $LCS = \bar{p} + 3\sqrt{\bar{p}(1 - \bar{p})}$

c. Límit de control inferior: $LCI = \bar{p} - 3\sqrt{\bar{p}(1 - \bar{p})}$

Gràfics de control u i gràfics de control c

El gràfic u es fa servir quan l'àrea o la longitud del material inspeccionat no és constant. Per exemple en teixits o en la fabricació de filferro. El gràfic de control c en canvi s'utilitza quan les quantitats de defectes apareixen en mostres unitàries fixes. Per exemple amb la quantitat de connexions mal soldades en ràdios.

Construcció del gràfic u

- La recollida de dades ha de ser abundant.
- Agrupa les dades per lots
- Per la construcció del gràfic u farem servir les dades relatives a la quantitat de perforacions realitzades a una planxa esmaltada

Subgrup	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Mida n	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,7	1,7	1,7
Perforacions c	4	5	3	3	5	2	5	3	2	1	5	2	4	2	6	4	0	8	3	8

d) Calcula a continuació:

La quantitat de perforacions per unitat

$$u = \frac{\text{quantitat de defectes per subgrup}}{\text{quantitat d'unitats per subgrup}} = \frac{c}{n}$$

e) Calcula la quantitat de perforacions mitjana:

$$\bar{u} = \frac{\sum c}{\sum n}$$

f) Finalment representem els valors de u en ordenades i el numero del subgrup en abscisses.

g) Solament cal representar els límits de control:

a. Línia central: $LC = \bar{u}$

b. Límit de control superior: $LCS = \bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$

c. Límit de control inferior: $LCI = \bar{u} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$

Aquí els valors dels límits canvien segons els valors de n. Per això la seva representació gràfica és esglaonada.

EXERCICIS

1.- Hem dut a terme un estudi de mostreig aleatori diari per mesurar la longitud d'una peça. A partir de les dades obtingudes fes un gràfic de control X- R. Utilitza l'Excel per ajudar-te a fer els càlculs.

Mostres	Mesures			
1	0,765	0,771	0,762	0,769
2	0,766	0,767	0,771	0,764
3	0,769	0,769	0,771	0,764
4	0,767	0,767	0,769	0,765
5	0,767	0,769	0,765	0,766
6	0,771	0,766	0,764	0,769
7	0,769	0,769	0,769	0,764
8	0,771	0,766	0,764	0,769
9	0,769	0,766	0,764	0,767
10	0,769	0,77	0,768	0,764
11	0,768	0,769	0,772	0,764
12	0,765	0,766	0,771	0,765
13	0,767	0,771	0,765	0,767
14	0,767	0,771	0,765	0,767
15	0,769	0,769	0,769	0,764
16	0,769	0,769	0,769	0,764
17	0,769	0,771	0,771	0,764
18	0,771	0,766	0,764	0,769
19	0,765	0,771	0,767	0,768
20	0,766	0,767	0,771	0,764
21	0,769	0,769	0,771	0,764
22	0,765	0,771	0,767	0,768
23	0,779	0,766	0,759	0,765
24	0,771	0,766	0,764	0,769
25	0,769	0,769	0,771	0,764

2.- Construirem un gràfic pn utilitzant les dades de la taula següent que recull l'estudi d'un procés consistent a analitzar peces obtingudes de 25 lots de 100 peces cada un. Utilitza l'Excel per ajudar-te a fer els càlculs.

Subgrup	Mida del subgrup	Quantitat de defectuoses pn
1	100	4
2		2
3		1
4		2
5		4
6		2
7		0
8		3
9		1
10		3
11		0
12		1
13		3
14		5
15		1
16		2
17		0
18		2
19		4
20		1
21		3
22		0
23		2
24		12
25		1
total	2500	129

3.- Construeix un gràfic p amb les dades de la taula següent que recull les quantitats de peces defectuoses en 25 lots de mida diferent. Utilitza l'Excel per fer els càlculs.

Subgrup núm.	Mida del subgrup n	Quantitat de defectuosos pn	Percentatge defectuosos p (%)	LCS (%)	LCI (%)
1	100	4			
2	150	7			
3	50	2			
4	200	9			
5	300	11			
6	500	17			
7	400	15			
8	200	7			
9	100	3			
10	150	5			
11	600	25			
12	1000	36			
13	200	9			
14	300	10			
15	400	21			
16	200	9			
17	100	15			
18	50	2			
19	150	7			
20	200	5			
21	100	4			
22	150	8			
23	100	2			
24	200	12			
25	75	1			
Total	5975	246			

Crèdit núm. 10: Gestió de la qualitat en el disseny

5.- Qualitat i recursos humans.....	59
33. 5.1.- Els recursos humans	
34. 5.2.- La formació de personal	
35. 5.3.- Motivació i implicació del personal	
36. 5.4.- Mètodes participatius	
37. 5.5.- Pluja d'idees	
38. 5.6.- Diagrama de Pareto	
39. 5.7.- Diagrama Causa-Efecte	
40. 5.8.- Diagrama de dispersió	
41. 5.9.- Test de correlació de les medianes	
42. 5.10.- Càlcul de paràmetres en una anàlisi bivariant.	
43. 5.11.- Exercicis	
6.- Els costos de qualitat.....	79
6.1.- Els costos d'anomalies internes	
6.2.- Els costos d'anomalies externes	
6.3.- Costos de detecció	
6.4.- Costos de prevenció	
6.5.- Càlcul de costos de qualitat	
6.6.- Activitats.	
7.- La Normalització.....	88
7.1.- Definició de Norma	
7.2.- Història de la Normalització	
7.3.- Objectius de la Normalització	
7.4.- Què contenen les normes	
7.5.- Qui normalitza i com	
7.6.- Normatives de qualitat	
7.7.- Acreditació	
8.- La Certificació.....	95
8.1.- Objectius de la Certificació	
8.2.- Qui certifica i com.	
9.- La ISO 9000	99
9.1. Parts de la ISO	
9.2. Documents d'un sistema de qualitat	
9.3. El manual de qualitat	
9.4. El manual de procediments	
9.5 Els registres	

La estampación es un procedimiento de conformación de materiales metálicos, a base de cobre (latón) y aluminio, por deformación en estado sólido.

La estampación se realiza en una prensa, mediante un conjunto de dos bloques de acero llamado matriz, que tiene en hueco la forma de la pieza a modelar.

La estampación se puede realizar en frío, cuando el metal o la aleación es suficientemente maleable, o en caliente, cuando es necesario calentar el metal para dejarlo en un estado pastoso.

Estampaciones Gómez ha conseguido unos altos niveles de calidad industrial. Sin embargo, Daniel, el gerente de la empresa, no está satisfecho y considera que todavía se puede progresar mucho más.

A veces, en la cafetería de la empresa, algún operario del taller le hace sugerencias de cómo se podría mejorar la fabricación para hacerla más eficaz, reducir las mermas o mejorar la calidad de los productos.

Esta situación le ha llevado a pensar que entre el personal hay un tremendo potencial para mejorar la empresa y que es necesario organizarlo.

Ha oído que hace unos años se pusieron de moda los círculos de calidad, equipos de trabajadores voluntarios para la mejora de la calidad. Estos círculos tienen un gran éxito en Japón, pero las experiencias en España y en Europa no han sido muy satisfactorias.

Para poner en marcha esta idea ha convocado al jefe de control de calidad del taller y al director de recursos humanos. Después de intercambiar opiniones, han decidido formar grupos de mejora de la calidad, que se reunirán con su jefe directo para sugerir mejoras en los puestos de trabajo y en los procesos de fabricación.

Para reforzar la eficacia de estos equipos han organizado sesiones de formación a las personas implicadas sobre herramientas sencillas de análisis, técnicas de trabajo en equipo y explicación de los conceptos e instrumentos básicos de calidad.

Daniel y sus compañeros directivos pretenden un doble fin: aprovechar el potencial de ideas de mejora del personal y conseguir una mayor implicación de éste en los objetivos de calidad de la empresa.

- ¿Qué objetivos pretende Daniel con los grupos de mejora de la calidad?

- ¿Qué son los círculos de calidad y cómo se forman?

5. QUALITAT I RECURSOS HUMANS

Els factors clau de la qualitat en una empresa són:

- **L'organització de l'empresa** en sentit ampli és a dir la tecnologia, els mitjans de producció, les instal·lacions, els mètodes de treball i els sistemes d'informació.
- **Els recursos humans** que són les persones que formen l'organització.

Tradicionalment les millores s'han adreçat a l'organització de l'empresa i en particular als mètodes de producció i als equips de producció.

A mitjans del segle XX es van posar en marxa al Japó uns procediments per millorar la qualitat de l'empresa a través de la millora dels recursos humans.

5.1 Els recursos humans.

Amb aquest terme ens referim als treballadors que fan funcionar els mitjans de producció. Sense ells un immillorable sistema de treball esdevindria inoperant. I al contrari, uns treballadors motivats i il·lusionats poden convertir en efectius uns sistemes de producció mediocres.

Els recursos humans són tant més importants quant més depengui el funcionament de l'empresa del factor humà. (Per exemple: una planta automatitzada amb un únic operari depèn poc del factor humà. En canvi, una empresa de serveis formada per un ampli equip de treballadors està molt lligada als recursos humans)

Els elements que milloren els recursos humans són:

- **La formació i capacitat dels treballadors.**
- **La motivació i la implicació de les persones en la qualitat de l'empresa.**

5.2 La formació del personal

Si dins d'una empresa sorgeixen noves necessitats específiques que requereixen un determinat tipus de formació dels treballadors, aleshores, es pot actuar:

- a) incorporant noves persones a l'empresa.
- b) promocionant a les persones de dins de l'organització
- c) actualitzant els coneixements i habilitats.

La formació té un efecte positiu sobre els treballadors, primer perquè augmenta els coneixements i habilitats, segon perquè té un efecte motivador i tercer perquè integra els treballadors en els objectius de l'empresa.

La formació continuada

És la formació permanent dels treballadors a les empreses. Per dur a terme aquesta activitat l'empresa ha de realitzar un procés que consisteix a:

- a) Detectar les necessitats de formació a curt, mitjà i llarg termini.
- b) Elaborar un pla de formació.
- c) Executar la formació planificada
- d) Fer un seguiment i una avaluació.

5.3 LA MOTIVACIÓ I LA IMPLICACIÓ DE LES PERSONES

Tradicionalment, la retribució i la promoció del personal han estat les úniques vies per a la seva motivació.

En els darrers anys la política de recursos humans ha incorporat noves activitats relacionades amb la implicació i motivació del personal com són:

- **La participació**
- **La informació**
- **La comunicació**
- **La formació**

ACTIVITATS MOTIVADORES DEL PERSONAL		
Activitat	Objectius	Eines de gestió
Participació	Fomentar la creativitat i la iniciativa dels treballadors	Grups de treball Bústies de suggeriments Cercles de qualitat
Informació	Transmetre missatges des de la direcció al personal per a descriure situacions o comunicar directrius	Reunions amb els treballadors Informes i comunicats escrits Taulell d'anuncis Revistes internes
Comunicacions	Transmetre missatges i intercanviar informacions, idees i suggeriments entre la direcció i els treballadors	Reunions amb els treballadors
Formació	Millorar els coneixements i habilitats dels treballadors	Pla de formació

Els mètodes participatius són els que s'utilitzen més per a millorar la qualitat i aconseguir implicar més els treballadors en els objectius de l'empresa.

5.4 METODES PARTICIPATIUS

Els mètodes participatius consisteixen a crear grups de treball entre els treballadors per aconseguir:

- a) una major implicació i motivació del personal en les accions de millora de la qualitat.
- b) fer aparèixer idees de millora de la qualitat dels productes.
- c) millorar la professionalitat de les persones participants.

Els mètodes participatius prenen diversos noms i formes:

- grups de progrés
- cercles de qualitat
- comitès de qualitat
- grups operatius

Tots ells són grups de treball en equip de 4 a 8 treballadors de diversos nivells que es reuneixen periòdicament per a establir accions de millora de la qualitat.

Els grups poden ser d'un sol departament o interdepartamentals, poden ser de participació voluntària o obligatòria i poden tenir la presència o no dels directors.

El procés d'actuació d'aquests grups sol seguir els passos següents:

- Determinació i coneixement del tema a tractar.
- Anàlisi i estudi del tema.

- Presentació d'alternatives.
- Avaluació cost/benefici.
- Determinació dels indicadors de seguiment dels resultats.
- Posada en marxa i seguiment.

Per abastar cada una d'aquestes etapes descrites els grups de treball han d'utilitzar unes eines de qualitat. Habitualment es considera que n'hi ha set:

- 1) Pluja d'idees (brainstorming)
- 2) Anàlisi de Pareto
- 3) Diagrama de flux
- 4) Diagrama causa i efecte
- 5) Histograma
- 6) Diagrama de dispersió
- 7) Full de comprovació

5.5 PLUJA D'IDEES

Aquesta eina serveix per generar idees entre els participants i així fomentar la creativitat del grup que es configura al voltant d'un líder.

Procediment:

1. El líder ha de plantejar el tema de debat en forma de pregunta: Perquè?, Com? o Què?. És convenient que tots els membres del grup hagin entès la pregunta.
2. Es dona uns minuts de silenci perquè tots els membres del grup puguin pensar respecta al que se'ls ha preguntat.
3. Es fa un torn de paraules i cada un dels membres del grup expressarà en veu alta les seves idees sobre el tema. El líder escriurà les respostes en un lloc visible (pissarra) utilitzant les mateixes paraules que el membre que ha intervingut. Cal evitar que en aquesta fase hi hagi discussió sobre cap de les intervencions.
4. Quan es torna a fer silenci aleshores es procedeix a analitzar les intervencions i a eliminar aquelles que no son viables.

Tipus de pluges d'idees:

- Tècnica de grups nominals
- Escriptura d'idees

Tècnica de Grups Nominals (TGN)

Es tracta d'un mètode estructurat de realització de la pluja d'idees que pretén animar a la participació.

Es fa servir quan hi hagi membres que tinguin més veu que els altres, quan els membres pensen millor en silenci i quan hi hagi problemes per a generar idees com per exemple la incorporació membres nous o el tractament de temes que generen conflictes o confrontacions.

Procediment

1. El líder ha de plantejar el tema de debat en forma de pregunta: Perquè?, Com? o Què?. És convenient que tots els membres del grup hagin entès la pregunta.
2. Cada membre de l'equip pensa en silenci i posa per escrit en un full de paper les idees que li suggereix durant uns 10 minuts.

3. Cada membre diu en veu alta la seva idea i el coordinador les escriu a la pissarra. En aquesta fase no ha d'haver ni preguntes, ni discussions. quan un membre acaba es passa al següent.
4. Es procedeix a la discussió de les idees expressades.
5. La finalitat del TGN és establir un ordre de prioritats de les idees.

Esriptura d'idees

La escriptura d'idees (Brainwriting) és la manera no oral de la pluja d'idees. Els membres del grup escriuen sobre el paper les seves idees i després se les intercanvien. Es fa servir quan el tema pot provocar fortes controvèrsies entre els membres del grup. També es fa servir quan hi ha un petit grup dels membres del grup que domina i es vol que la participació sigui equilibrada.

Procediment

1. Els membres del grup s'asseuen al voltant d'una taula.
2. Cada membre escriu un nombre reduït d'idees en un full de paper i el deixa sobre de la taula.
3. Quan tots han fet el mateix, tria a l'atzar un full dels dipositats i torna a escriure un altre nombre reduït d'idees.
4. Uns 10 o 15 minuts després o quan es veu que ja no es generen idees, es recullen tots els fulls i es procedeix a la discussió del contingut.

Hi ha una variació a aquest procediment que s'anomena **Mètode 6-3-5** que consisteix a:

- 6 persones s'asseuen al voltant d'una taula
- Cada persona escriu 3 idees
- 5 minuts després passa el full al membre que té a l'esquerra
- Continua el procés fins que cada membre torna a recuperar el full que havia omplert inicialment.

5.6 DIAGRAMA DE PARETO

El diagrama de Pareto és un gràfic de barres que mostra, ordenades de major a menor, les freqüències de determinats fets.

Es fa servir quan cal ordenar una sèrie de problemes en ordre d'importància i així triar el punt de sortida, decidir quines són les causes bàsiques i les que son poc importants. Per exemple si tenim un seguit de peces defectuoses per diverses causes, en quin ordre hem de començar a actuar pers solucionar el problema?

Aquest diagrama rep el nom de l'economista italià Vilfredo Pareto (1848-1923), el qual va afirmar que la major proporció de la riquesa pertanyia a poques famílies. Al 1950, Juran va enunciar el Principi de Pareto segons el qual **la majoria dels efectes procedeixen de poques causes**. La finalitat del diagrama de Pareto consisteix a localitzar aquestes causes i eliminar-les.

Procediment:

1. Determinar amb precisió quines són les categories a representar en el gràfic.
2. Cal precisar molt bé per a quin període de temps es realitza aquest anàlisi.
3. Cal disposar o calcular les freqüències relatives a cada categoria.
4. Dibuixar els eixos: un horitzontal on situarem les categories i els dos verticals. El vertical esquerra representarem les freqüències absolutes i en el vertical

esquerra les freqüències acumulades amb percentatge. Aquest eix es graduarà de 0 a 100 des de l'origen fins al valor màxim de la freqüència absoluta.

5. Per omplir el gràfic cal començar per l'activitat de major freqüència. L'anotem en l'eix horitzontal i a sobre hi situem una barra d'alçada igual a la freqüència. I seguim amb les altres categories en ordre d'importància.
6. Dibuixar la línia poligonal amb les dades del percentatge acumulat. El primer tram de polígon anirà des de l'origen a l'extrem dret superior de la columna de barres. A partir d'aquí se situarà el tram següent.

ACTIVITAT

1. Hem inspeccionat 2165 peces i n'hem trobat 414 que són defectuoses per causes diverses. El resultat es recull a la taula següent:

Categories de defectes	Quantitat de productes defectuosos	freqüències acumulades	Percentatge acumulat
Calafateig	196		
Ajustament	25		
Connexió	103		
Par motor inadequat	18		
Separació	72		
Total	414		

Fes un diagrama de Pareto i digués per on hem de començar a solucionar aquests problemes.

2. El nombre de reclamacions d'una empresa de bugaderia industrial s'ha classificat i registrat en un període d'un any. Les dades obtingudes són les que recull la taula següent:

Categories de defectes	Quantitat de productes defectuosos	freqüències acumulades	Percentatge acumulat
Defectes de planxa	24		
Falta de blancor	16		
Taques de greix	6		
Roba trencada	5		
Defectes en el plegat	4		
Enviament equivocat	2		
Total	57		

Fes un diagrama de Pareto i indica per on hauries de començar si vols solucionar els defectes habituals.

3. Volem analitzar l'eficiència dels treballadors en un magatzem per això analitzem la mitjana d'hores de treball per mes relatives a cada una de les activitats que realitza el magatzem. El quadre següent recull aquestes dades:

Categories de defectes	Hores	freqüències acumulades	Percentatge acumulat
Inventari	123		
Eliminació d'existències inactives	50		
Informes de situació	225		
Atenció al magatzem	300		
Inspecció	388		
Despatx	400		
Recepció	800		
Total	2286		

Fes un diagrama de Pareto i digues quines millores introduiries per millorar l'eficiència del treball.

4. Hem analitzar al llarg d'una setmana els defectes d'un determinat producte que es fabrica amb dues màquines per 4 operaris. El resultat que hem recollit en un full d'inspecció ha estat el següent:

		DLL		DM		DC		DJ		DV		DS	
	Operari	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2
Màquina 1	A	oo♦ ▽	o♦	o≡	ooo♦	oooo ≡	oooo	oooo ▽▽	o♦♦	oooo	oo	o♦♦ ≡	
Màquina 1	B	o♦♦ ≡▽	ooo♦ ♦	oooo oo♦♦	ooo	oooo oo♦♦	oooo oo≡	oooo o≡	ooo	oo♦♦ ≡≡	oooo o	oo	ooo
Màquina 2	C	oo♦	o♦	oo▽	♦♦	ooooo	oooo oo♦♦	oo♦♦ o♦	oo▽	ooo ♦♦	o≡≡	o♦♦	
Màquina 2	D	oo♦	o♦	oo≡	ooo▽	ooo	oooo o♦♦	oo≡ oo♦	oo≡	o	ooo▽	oo≡	

L'analitzador ha fet servir els símbols següents per facilitar el recompte:

o = Ratlles a la superfície

♦ = Escletxes

≡ = incomplet

▽ = Forma incorrecta

Es demana:

- dibuixar el diagrama de Pareto dels defectes en general per a totes les dades
- dibuixar els diagrames de Pareto individualitzats per a cada màquina i per a cada operari.
- que en funció dels resultats dels diagrames de Pareto s'estableixin algunes mesures per solucionar els defectes sorgits.

DIAGRAMA DE PARETO AMB EXCEL

El diagrama de Pareto pot representar-se perfectament amb Excel. Només cal que segueixis les indicacions que se't donen a continuació. Et proposem que representis les dades de les diferents causes que produeixen unitats defectuoses en una empresa i que són responsables de les seves pèrdues econòmiques.

Pèrdues econòmiques degudes a unitats defectuoses

Categories	Núm. defectes	Freqüència acumulada	Percentatge
Defectes de cargol	140		
Defectes d'angle	83		
Clivelles	40		
Rovellat	36		
Toleràncies	24		
Matèria primera	14		
Defectes de suport	10		
Jocs d'unions	7		
Total			

Càlcul de les dades de la taula

- En primer lloc omplirem les columnes de freqüències acumulades i de percentatge seguint les indicacions que

1	A	B	C	D
2	CATEGORIES	Núm. defectes	Freqüència acumulada	Percentatge
3	Defectes de cargol	140	=B3	=(C3/\$B\$11)*100
4	Defectes d'angle	83	=C3+B4	Arrossegar
5	Clivelles	40	Arrossegar	
6	Rovellat	36		
7	Toleràncies	24		
8	Matèria primera	14		
9	Defectes de suport	10		
10	Jocs d'unions	7		
11	Total	=SUMA(B3:B10)		

El resultat ha de ser el següent:

CATEGORIES	Núm. defectes	Freqüència acumulada	Percentatge
Defectes de cargol	140	140	39,55
Defectes d'angle	83	223	62,99
Clivelles	40	263	74,29
Rovellat	36	299	84,46
Toleràncies	24	323	91,24
Matèria primera	14	337	95,20
Defectes de suport	10	347	98,02
Jocs d'unions	7	354	100,00
Total	354		

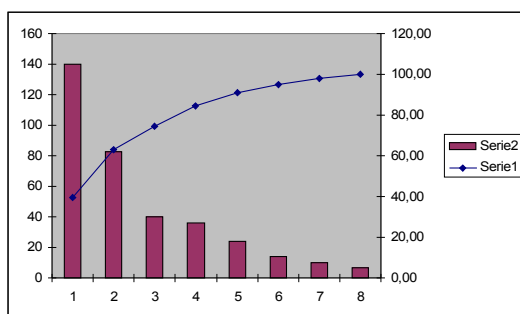
Dibuix del gràfic de Pareto

Primer selecciona las columnes NÚM DEFECTES i la PERCENTATGE (utilitza la tecla *Ctrl* per poder deixar seleccionades les dues columnes).

Després clica en la icona dels diagrames i obre la pestanya TIPOS PERSONALIZADOS. Aleshores et sortiran tot una sèrie de gràfics diferents. Escull el que duu el nom de LINEAS Y COLUMNAS 1.

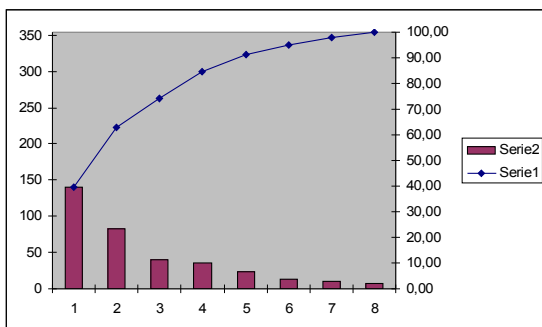
Fes SEGÜENT dues vegades i en ASSISTENT PER A GRAFICS selecciona EJE. Després clica en EJE DE VALORES.

Si fas següent una altra vegada obtindràs el gràfic següent que tot i que no és el Diagrama de Pareto se li assembla molt.

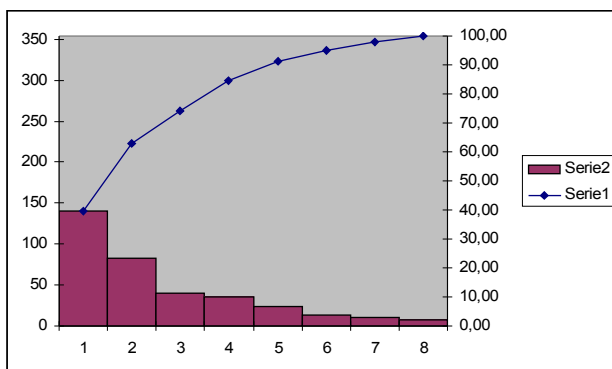


Ara es tracta que modifiquis aquest gràfic. Caldrà modificar principalment els eixos i l'amplada de les columnes.

Per modificar els eixos cal clicar sobre de ells i escollir en Format d'eixos l'opció ESCALA posar mínim 0 i màxim el total. Atenció que si es modifica solament el màxim aleshores el mínim apareix negatiu i distorsiona el gràfic. Al segon eix Y cal repetir la mateixa operació però posant com a mínim 0 i com a màxim 100



Per modificar l'amplitud de las columnes cal clicar a sobre del quadradet que apareix al seu interior. Llavors sortirà una finestra que es diu FORMATO SERIE DE DATOS. En ella cal obrir la pestanya OPCIONES i en l'opció ANCHO DE RANGO posar un zero. Llavors veurem un diagrama de Pareto correctament dibuixat. Després sols caldrà posar-hi retolacions que el facin més bonic.



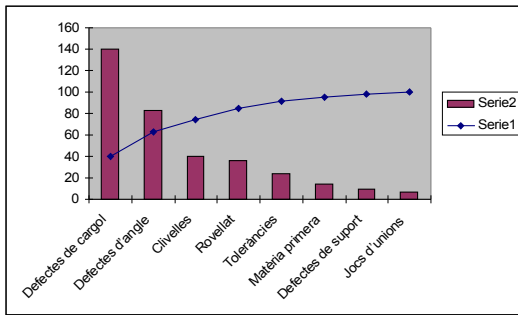
Algunes retolacions

1) Posar rètols per indicar el nom de les categories en lloc de números:

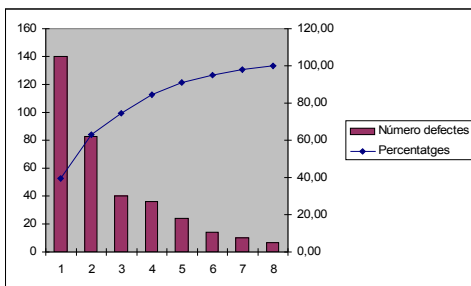
Aquest pas es pot fer abans o fer-lo després. Per fer-lo abans caldrà que repeteixis el gràfic.

Després d'escollir el diagrama que duu el nom de LINEAS Y COLUMNAS 1 fes SEGÜENT només una vegada i aleshores obre la pestanya SERIE i aquí pots omplir la casella ROTULOS CATEGORIA X seleccionant la columna de categories. Aleshores a peu de cada columna en lloc dels números sortiran els noms.

Com indica el gràfic següent:



També a la mateixa finestra de SERIES pots introduir nom a cada una de les sèries de manera que aparegui indicat a la llegenda del gràfic

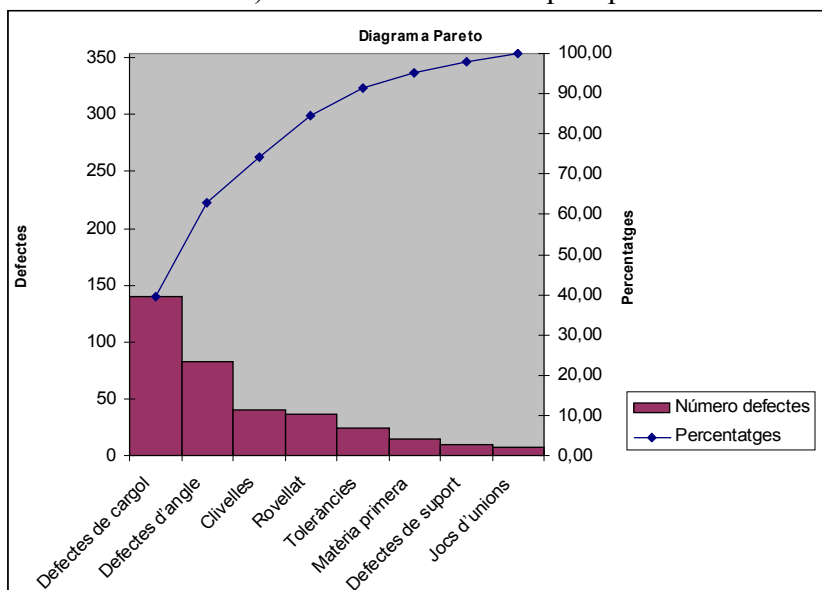


Després procedeix com abans i obtindràs el gràfic amb les retolacions desitjades. Si el vol rectificar un cop fet el diagrama aleshores pots clicar sobre el gràfic i amb el botó dret del ratolí podràs tornar a DATOS DE ORIGEN i OPCIONES DE GRÁFICO.

DATOS DE ORIGEN et permetrà modificar el nom de les sèries i el rètol de les categories, mentre que OPCIONES DE GRÁFICO et facilitarà l'entrada a l'assistent de gràfics i podràs posar els títols.

2) Posar títols als eixos:

Per posar nom a l'eix Y de l'esquerra i al eix Y secundari (de la dreta). Després d'escollir el diagrama que duu el nom de LINEAS Y COLUMNAS 1 i haver fet dues vegades SEGÜENT sortirà l'Assistent de gràfics. Aleshores cal que triïs la pestanya TÍTULOS i que allà els posis directament. El general (TITULO DEL GRÁFICO), i el de l'eix Y de l'esquerra (EJE DE VALORES Y) i l'eix Y de la dreta (SEGUNDO EJE DE CATEGORIAS). També si t'interessa pots posar títol a l'eix X.



5.7 DIAGRAMA CAUSA-EFECTO

El diagrama causa-efecte és un diagrama que serveix per clarificar les causes d'un problema. Aquest diagrama també és conegut com diagrama en espina de peix o diagrama Ishikawa, ja que el primer a idear-lo va ser el professor de la Universitat de Tokio Kaoru Ishikawa el 1943.

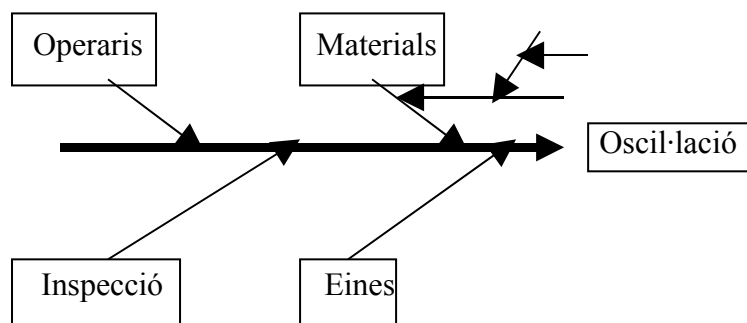
En primer lloc cal determinar l'efecte que es vol estudiar i després fer una relació de les causes que el poden originar i agrupar-les en classes del mateix tipus. Pel que fa a la qualitat, l'efecte seran les característiques de qualitat que es vol millorar, per exemple la longitud, diàmetre, percentatge de peces defectuoses, etc. Les causes que produeixen aquesta millora seran degudes a les matèries primeres, a les màquines o als mètodes de treball

Procediment

1. Decidir quina és la característica (**efecte**) que es vol estudiar (p. ex. l'oscil·lació en la rotació d'una màquina. Això vol dir que abans hem detectat que la major part dels defectes que tenen les peces produïdes són deguts a la rotació oscil·lant)
2. Escriure la característica o efecte a la dreta i dibuixar una fletxa gruixuda d'esquerra a dreta.



3. A continuació cal indicar els factors (**causes**) que produeixen l'oscil·lació. Per fer això traçarem fletxes secundàries a la direcció principal de manera que representin les causes generals (p. ex. materials, eines, operaris, inspecció)



4. Després s'incorporen a cada branca els factors detallats que produeixen aquesta causa i que donen resposta a les preguntes:
 - Perquè es produeix l'oscil·lació? Per dispersió dels materials.
 - Perquè hi ha dispersió de materials? Per la dispersió del suport de l'eix.
 - Perquè es produeix dispersió del suport de l'eix? Per la variació de la mida del suport de l'eix.
 - etc..
5. Cada una d'aquestes respostes generen una nova branca en el diagrama causa-efecte.
6. Finalment solament cal verificar que hem tingut en compte tots els factors (causes) que determinen aquesta millora o defecte (efecte).

ACTIVITAT (S'aconsella realitzar aquests exercicis amb el programa Microsoft Visio)

1. En una empresa que fabrica ordinadors s'ha detectat que hi ha poca qualitat en els teclats que fabrica. S'ha fet una pluja d'idees entre l'equip de qualitat i els treballadors implicats i el resultat ha estat el següent:

Mètodes

- soldadura
 - i. automàtica
 - ii. manual
- inserció
 - i. automàtica
 - ii. manual

Màquines

- autocontrol
 - i. eines
 - ii. programes
- inserció automàtica

Matèries

- Components
 - falten
 - equivocats
 - fets malbé
- Carcasses

Homes

- soldador
- verificador
- muntatge
 - manual
 - automàtic.

Fes un diagrama causa-efecte.

2. En una siderúrgia s'ha detectat que el ferro surt contaminat. S'ha fet una anàlisi de les raons que ho poden produir i el resultat s'ha anotat en la llista següent:

Mètodes

- Procediment analític
 - No es fa
 - Calibració
- Mostreig
 - Contaminació
 - Eines de Ferro

Materials

- Matèries primeres
 - Subministrador 1
 - Subministrador 2
- Contingut del reactiu d'assaig
 - En el laboratori
 - En el subministrador

Mesura

- Error en el laboratori
 - Càlcul
 - Calibració

Màquines

- Brutícia a les conduccions
 - En mostreig
 - En reactor
- Material de construcció
 - Bescanviadors
 - Reactors
 - Bombes
 - Conduccions

Persones

- Inexperiència

Entorn

- Punt de mostra oxidat
 - Conduccions
 - Eines

Fes un diagrama causa-efecte.

5.8 DIAGRAMA DE DISPERSIÓ

El diagrama de dispersió és una eina gràfica que ajuda a identificar la possible relació que hi hagi entre dues variables. Com és el cas de la relació entre una característica de qualitat i un factor que pot afectar-la.

Procediment

1. Reunir parelles de dades de les variables la relació de les quals es vol investigar. S'aconsella que no hi hagi menys de 30 parells de dades. Una xifra suficient en són 50.
2. Traçar uns eixos i graduar cada un d'ells amb les escales que ens semblin adients. A l'eix vertical es posa la característica (efecte) que volem predir i en l'horitzontal la variable causa que fem servir per fer la predicció. A continuació representar tots els parells de dades mitjançant un núvol de punts.
3. Si n'hi ha dos punts o més que coincideixen, aleshores es representen amb petits cercles concèntrics.
4. Completar el gràfic amb el títol, unitat dels eixos, autor etc.)

Interpretació dels resultats

L'existència de correlació entre les dues variables es manifesta en el major ajustament del núvol de punts a una línia recta. Així doncs, pot ser:

- **La correlació positiva:** un increment positiu de x dona lloc a un increment positiu de y.
- **Una possible correlació positiva:** un increment positiu de x dona lloc a un cert increment positiu de y, però pot ser que hi hagi altres causes.
- **Que no existeixi correlació:** la variació d'una variable no té res a veure amb la variació de l'altra.

- **Una possible correlació negativa:** Un increment positiu de la variable x dóna lloc a un cert increment negatiu de la variable y, però pot ser que hi hagi altres causes.
- **La correlació negativa:** un increment positiu de x dona lloc a un increment negatiu de y.

ACTIVITAT

1.- Dues empreses tenen unes despeses comercials X i unes vendes Y que es recullen en milers d'euros a les taules següents:

Despeses x_i	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
Vendes y_i	60	65	72	69	81	82	84	90	90	110

Despeses x_i	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
Vendes y_i	50	35	12	69	89	15	64	25	90	30

Representa aquestes dades respectivament en dos diagrames de dispersió. Quina cosa pots afirmar respecte a la correlació entre les despeses comercials i les vendes?

2.- En un laboratori químic es vol saber si hi ha alguna correlació entre el rendiment obtingut en les reaccions químiques i la temperatura a la que han estat realitzades. Per això, s'ha mesurat la temperatura i el rendiment de cinquanta reaccions. El resultat el recull la taula següent:

Observació	Temps °C	Rendiment %	Observació	Temps °C	Rendiment %
1	162	94,6	26	160	94,0
2	154	93,0	27	110	91,3
3	148	93,9	28	138	92,5
4	116	92,7	29	140	92,0
5	152	92,8	30	150	92,2
6	136	92,5	31	134	92,0
7	158	93,5	32	162	93,5
8	126	91,3	33	180	95,2
9	140	93,8	34	142	92,1
10	160	93,6	35	152	92,4
11	160	92,6	36	170	92,9
12	160	94,1	37	150	91,5
13	144	92,9	38	160	93,0
14	120	91,0	39	104	91,0
15	126	92,0	40	130	92,5
16	134	92,4	41	160	93,1
17	164	93,4	42	138	93,0
18	162	93,6	43	152	93,4
19	132	92,3	44	130	93,4
20	130	91,1	45	110	92,0
21	170	93,0	46	120	92,5
22	148	91,4	47	110	92,3
23	144	93,0	48	152	92,8
24	112	91,6	49	172	92,0
25	126	92,0	50	126	92,6

Fes un diagrama bivariant per veure si hi ha algun tipus de correlació entre aquestes dues variables.

5.9.- Test de correlació de les medianes

Quan no sigui clara l'existència o la carència de relació entre les dues variables i hi hagi dubtes. Aleshores Ishikawa aconsella de fer un test de correlació de les medianes que consisteix en el procediment següent:

1. Determini les medianes de la variable x i de la variable y. Això es pot fer comptant $N/2$ punts d'esquerra a dreta i per aquest valor traçar una línia vertical. Després es compta $N/2$ punts de dalt a baix i es traça una línia horitzontal. Si el nombre de punts fos imparell aleshores traçarem la línia per $[(N-1)/2]+1$
2. Aquestes dues línies divideixen el núvol de punts en quatre quadrants:

Quadrant II	Quadrant I
Quadrant III	Quadrant IV

3. A continuació comptarem el nombre de punts que hi ha a cada quadrant llevat dels punts que hagin quedat sobre les dues línies.
4. Sumarem els nombres de punts que hi ha en els quadrants oposats. Així:
 $A = \text{Núm. de punts del quadrant I} + \text{núm. de punts del quadrant III}$
 $B = \text{Núm. de punts del quadrant II} + \text{núm. de punts del quadrant IV.}$
Recordis que s'ha de complir que $N = A + B$.
5. Escollirem el valor $Q = \text{menor}(A, B)$ i aquest valor amb els valor que es recullen a la taula següent denominada Taula de Contrast de Tendències.
6. Si per al valor de N determinat,
 - a) el valor de **Q és menor que el límit** que proporciona la taula, Aleshores , hi ha evidència que **les dues variables estan relacionades.**
 - b) el valor de **Q és major que el límit**, aleshores la disposició dels punts es pot deure a causes aleatòries i **les variables no estan relacionades.**
 - c) Si **Q és igual al límit**, la mostra no és prou gran i no es pot prendre cap decisió, ja que **cal augmentar la mostra.**

Taula de Contrast de Tendències

N	límit	N	Límit	N	Límit
1-8	0	37-39	12	65-66	24
9-11	1	40-41	13	67-69	25
12-14	2	42-43	14	70-71	26
15-16	3	44-46	15	72-73	27
17-19	4	47-48	16	74-76	28
20-22	5	49-50	17	77-78	29
23-24	6	51-53	18	79-80	30
25-27	7	54-55	19	81-82	31
28-29	8	56-57	20	83-85	32
30-32	9	58-60	21	86-87	33
33-34	10	61-62	22	88-89	34
35-36	11	63-64	23	90	35

1. Una empresa sospita que hi ha relació entre la puresa d'una substància i el component A d'aquesta substància. Així es fa una recollida de dades de 24 parelles de valors:

X = puresa de la substància

Y = contingut del component A

X	99,35	99,05	98,85	99,60	98,78	99,55	98,85	99,70	99,38	99,80	99,30	99,08
Y	0,11	0,12	0,14	0,20	0,21	0,22	0,23	0,24	0,24	0,25	0,26	0,29

X	99,55	98,80	98,60	98,65	99,45	98,35	99,55	98,55	98,55	98,25	98,90
Y	0,30	0,31	0,32	0,34	0,35	0,40	0,40	0,46	0,51	0,61	0,65

- a) Representa els valors d'aquestes variables en un diagrama de dispersió.
- b) Fes un test de correlació de medianes.
- c) Quina d'aquestes conclusions creus que seria la correcta:
- Les dues variables estan relacionades.
 - Les dues variables no estan relacionades.
 - Cal augmentar la mostra.
2. En un diagrama causa-efecte apareix que la temperatura de la matriu d'una premsa pot ser una possible causa de l'aparició de porus en el producte. Per confirmar-ho s'han recollit dades de 50 premsades i s'ha realitzat un diagrama bivariant entre la temperatura i en nombre de porus. S'ha repetit l'experiència en quatre ocasions (a, b, c, d) i després s'ha realitzat en cada cas un test de les medianes i el resultat és el següent:

	a	b	c	d
Quadrant I	19	10	5	8
Quadrant II	4	12	20	21
Quadrant III	20	11	5	8
Quadrant IV	5	10	20	13

Indica quines a conclusions conduiria el test de les medianes en cada un d'aquests casos.

5.10 CÀLCUL DE PARÀMETRES EN UN ANÀLISI BIVARIANT

Mitjanes marginals: són les mitjanes de les variables X i Y

$$\bar{x} = \frac{\sum n_i x_i}{\sum n_i} \quad \bar{y} = \frac{\sum n_i y_i}{\sum n_i}$$

Centre de gravetat és el parell de valors de les mitjanes marginals: $G(\bar{x}, \bar{y})$

Desviacions típiques marginals són les desviacions típiques de les variables X i Y

$$s_x = \sqrt{\frac{\sum n_i \cdot x_i^2}{\sum n_i} - \bar{x}^2} \quad s_y = \sqrt{\frac{\sum n_i \cdot y_i^2}{\sum n_i} - \bar{y}^2}$$

Covariància o variància conjunta és la mitjana aritmètica dels productes de les desviacions dels valors de cada variable respecte de la mitjana corresponent.

$$s_{xy} = \frac{\sum n_i x_i y_i}{\sum n_i} - \bar{x} \cdot \bar{y}$$

Coefficient de correlació de Pearson: és un nombre r comprès entre 1 i -1 que no depèn de les unitats de les variables

$$r = \frac{s_{xy}}{s_x \cdot s_y}$$

- Si $r = -1$ o $r = 1$ la relació entre les variables és perfecta. Hi ha **correlació funcional**.
- Si r és proper a -1 o 1, la **correlació és gran**.
- Si r està proper a 0, la **correlació és petita**.
- Si $r > 0$, la **correlació és positiva**
- Si $r < 0$, la **correlació és negativa**.

Recta de regressió

$$y - \bar{y} = \frac{s_{xy}}{s_x^2} (x - \bar{x})$$

5.11 Exercicis

1. Una companyia desitja saber si hi ha correlació entre el valor anual de les seves vendes totals i la renda nacional d'un determinat país. Per fer l'estudi es disposa de les dades següents pel període 1998-2008:

Renda nacional en milions d'Euros	189	190	208	227	239	252	257	274	293	308	316
Vendes en milers d'Euros	402	404	412	425	429	436	440	447	458	469	469

Calcula el coeficient de correlació i interpreta'l.

2. Hem observat una variable estadística bidimensional i hem recollit les dades a la taula següent:

y \ x	10	5	3
4	1	2	-
8	3	1	-
2	-	1	2

- Calcula les mitjanes i variàncies marginals
- Calcula la covariància
- Calcula el coeficient de correlació de Pearson

3. L'estadística d'ingressos d'una empresa en centenars de milers d'euros i les despeses dels empleats en milers d'euros és la següent:

Ingressos	5,7	3,8	1,9	1	1
Empleats	16	29	17	6	9

Calcula el coeficient de correlació entre les dues variables.

4. En una empresa de transports treballen 4 conductors. Els anys d'antiguitat dels seus permisos de conduir i els nombres d'infraccions comeses en el darrer any per cada un d'ells són els següents:

X: anys d'antiguitat	3	4	5	6
Y: infraccions	4	3	2	1

- Representa gràficament les dades i raona si les dades mostren correlació positiva o negativa.
- Calcula el coeficient de correlació.

5. Als 10 treballadors d'una empresa se'ls ha fet una prova per veure si hi ha relació entre la seva expressió oral (X) i la seva habilitat manual (Y). El resultat s'ha recollit a la taula següent:

X	8	7	6	5	4	3	7	6	9	5
Y	5	5	6	7	8	7	4	5	3	5

Es demana:

- la mitjana i la desviació típica de les variables X i Y
- Calcula el coeficient de correlació i interpreta'l.
- Fes una representació gràfica.

EXCEL

EXPERIMENTA

Obre el full de càlcul Microsoft Excel.


1. Les alçades i el pes de 5 persones es donen a la taula següent:

Alçades (cm)	165	168	170	172	180
Pes (kg)	50	60	70	68	75

Calcula les mitjanes i les desviacions típiques marginals, la covariància, el coeficient de correlació, i dibuixa el núvol de punts i la recta de regressió.

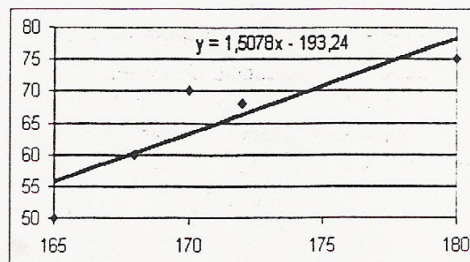
Solució: Introduir les dades en una taula de dues columnes com s'indica tot seguit:

	A	B	C
1		alçades (cm)	pes (kg)
2		165	50
3		168	60
4		170	70
5		172	68
6		180	75
7			
8	Mitjanes marginals	171	64,6
9	Desviacions típiques	5,06	8,75
10	Covariància		38,6
11	Coefficient de correlació		0,87

- a) Selecciona la cel·la B8, vés a funcions **Estadístiques**, i escull PROMIG. En les dades escull el rang B2:B6, i a C8 fes el mateix.
- b) Selecciona la cel·la B9, vés a funcions i escull DESVESTP. En les dades escull el rang B2:B6, i a C9 fes el mateix.
- c) Selecciona la cel·la C10, vés a funcions i escull COVAR. En les dades escull els rangs B2:B6 i C2:C6.
- d) Selecciona la cel·la C11, vés a funcions i escull COEF.DE.CORREL. En les dades escull el rang B2:B6 i C2:C6.
- e) Selecciona el rang B2:C6, vés a l'Assistent per a gràfiques , clica amb el ratolí el lloc on vols inserir la gràfica, pitja el botó **Següent>**, escull el tipus **XY-Dispersió**, pitja **Següent>** i **Finalitzar**.

Modifica la gràfica, selecciona l'eix OY. A **Format d'eixos** escull la fitxa Escala i posa a Mínim: 50 i a Màxim: 75. Selecciona els punts de la gràfica i en el menú context

Insertar línia de tendència..., escull **Tipus/Lineal** i a **Opcions/Presentar equació en la gràfica**. Tindràs així la gràfica següent:




APRENDRE

Ordres que s'utilitzen:

PROMIG	Mitjana aritmètica
DESVESTP	Desviació típica
COVAR	Covariància
COEF.DE.CORREL	Coefficient de correlació

Dibuix de gràfiques

Selecciona el rang a on estan les dades, vés a l'assistent per a gràfiques , clica amb el ratolí el lloc on vols inserir la gràfica, pitja el botó **Següent>**, escull el tipus, pitja **Següent>** i **Finalitzar**. Després pots modificar la gràfica.

ACTIVITATS

1. Hem seleccionat 6 empreses de les quals tenim les dades següents:

Ingressos	4000	3400	1500	800	1100	5000
Treballadors	150	250	160	65	95	300

Calcula les mitjanes i les desviacions típiques marginals, la covariància, el coeficient de correlació i dibuixa el núvol de punts i la recta de regressió. (Ingressos en milers de PTA.)

2. Donada la taula següent:

Edat	20	30	50	60	70
mm de Hg	100	110	140	160	165

Calcula les mitjanes i les desviacions típiques marginals, la covariància, el coeficient de correlació i dibuixa el núvol de punts i la recta de regressió.

EXERCICIS

1.- Considerem les dades següents:

x_i	4	2	10	5	8
y_i	8	12	4	10	2

Situa les dades en un diagrama de dispersió, calcula el coeficient de correlació, troba la recta de regressió i representa-la en el mateix diagrama.

2.- Disposem de les dades següents:

x_i	1	3	4	7
y_i	3	4	8	10

Situa les dades en un diagrama de dispersió, calcula el coeficient de correlació, troba la recta de regressió i representa-la en el mateix diagrama.

3.- Si x representa el nombre de dones catalanes que aconseguix superar un CFGS tecnològic. Quina serà la previsió pel 2010 i 2020.

anys	2002	2003	2004	2005
y_i	33	54	78	120

Per poder fer aquest problema situa les dades en un diagrama de dispersió, calcula el coeficient de correlació, troba la recta de regressió i representa-la en el mateix diagrama. A partir de la recta de regressió i suposant que l'increment serà lineal estima els valors futura.

4.- Les dades següents representen el nombre d'hores extra dels treballadors d'una empresa durant un mes.

Hores extres	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Treballadors	10	2	4	2	6	4	2	4	6	2	8

Situa les dades en un diagrama de dispersió, calcula el coeficient de correlació, troba la recta de regressió i representa-la en el mateix diagrama.

5.- La taula següent proporciona les dades d'utilització d'oxigen d'una persona en litres per minut per a períodes de temps en minuts durant la realització d'un exercici gimnàstic i després de realitzar-lo.

Temps (min)	0	4	12	16	26
L/min durant l'exercici	0,2	0,4	0,9	1,2	3,0
L/min després de l'exercici	3,0	1,0	0,5	0,4	0,2

Si les variables x e y són respectivament les quantitats d'oxigen durant i després de l'exercici, situa les dades en un diagrama de dispersió, calcula el coeficient de correlació, troba la recta de regressió i representa-la en el mateix diagrama

6.- Els pes en mitjana de les dones i la seva altura varia en funció de l'edat:

Edat	5	10	15	20	25
Pes	10	24	40	45	45
Alçada	0,8	1	1,6	1,7	1,7

Calcula el coeficients de correlació de edat/ pes, edat/alçada i pes/alçada

7.- Les longituds d'unes molles sotmeses a diferents pesos són:

X grams	5	10	15	20	25	30
Y cm	7,26	8,14	8,94	9,91	10,87	11,82

Determina les mitjanes i desviacions tipus marginals, la covariància, el coeficient de correlació de Pearson i ajusta una recta de regressió a aquestes dades.

8.- La taula de freqüències relativa a llençar 40 vegades successivament dues monedes diferents a l'aire d'un conjunt de quatre monedes és la següent

x	1	2	3	4
y				
1		1	1	1
2	3		2	4
3	4	1		6
4	1	5	2	

Calcula el coeficient de correlació i ajusta una recta de regressió

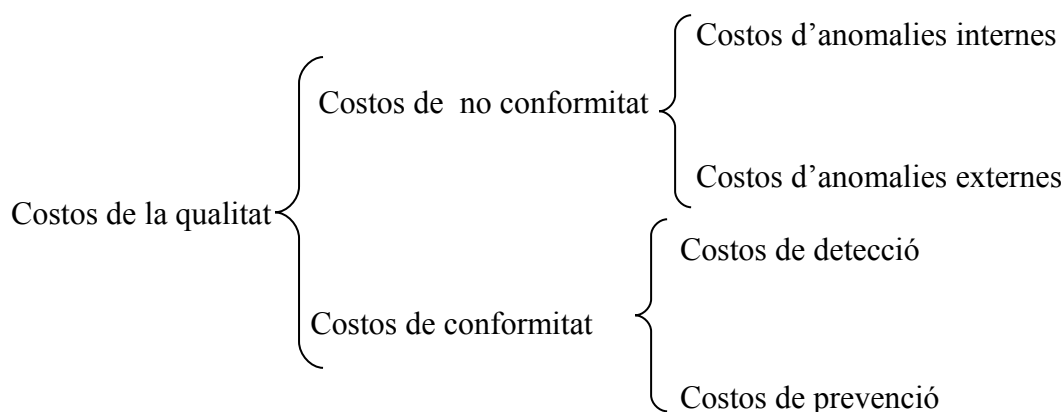
9.- Es disposa de l'historial de fallades d'una flota de 3 vehicles que apareixen a la taula adjunta. Indica quines són les peces prioritàries mitjançant un diagrama de Pareto.

Vehicle	Fallada	Hores reparació
1	Pannell radiador	0,3
1	Pannell radiador	0,3
1	Pannell radiador	0,3
1	Bomba d'aigua	2,8
1	Maniguets refrigeració	3,0
1	Pannell radiador	0,3
1	Maniguets refrigeració	3,0
1	Pannell radiador	0,3
1	Radiador	5,0
1	Vàlvula	1,4
2	Pannell radiador	0,3
2	Nodrissa radiador	2,0
2	Pannell radiador	0,3
2	Pannell radiador	0,3
2	Maniguets refrigeració	3,0
2	Tubs de sortida	5,0
2	Electroventilador	1,5
2	Electroventilador	1,5
2	Corretja bomba d'aigua	0,5
2	Politges bomba d'aigua	0,5
2	Bomba d'aigua	2,8
2	Maniguets refrigeració	3,0
3	Pannell radiador	0,3
3	Radiador	5,0
3	Maniguets refrigeració	3,0
3	Corretja bomba d'aigua	0,5
3	Filtre d'aigua	1,0
3	Circuit refrigeració	0,5
3	Filtre d'aigua	1,0
3	Maniguets refrigeració	3,0
3	Pannell radiador	0,3
3	Pannell radiador	0,3
3	Maniguets refrigeració	3,0

6. ELS COSTOS DE LA QUALITAT

Els costos de la qualitat és allò que l'empresa ha de pagar per garantir la qualitat dels seus productes o serveis incloses les pèrdues que ha tingut per no aconseguir la qualitat.

Els costos de qualitat es poden classificar en:



Els costos de no conformitat són aquells que es produeixen com a conseqüència de defectes o fallades. Ara bé, aquests defectes es poden detectar quan el producte està dins de l'empresa o quan està fora. En el primer cas es diuen costos d'anomalies internes i en el segon d'anomalies externes.

Els costos de conformitat són les despeses que fa l'empresa per detectar i evitar que es produeixin fallades o defectes. Si són despeses d'inspecció i control es diuen costos de detecció i si són despeses que es fan per evitar la fallada aleshores es diuen costos de prevenció.

6.1. Els costos d'anomalies internes són aquells que té l'empresa quan el seu producte o servei no compleix les exigències de qualitat i encara està a l'interior de l'empresa. Aquests costos es divideixen en:

a) Rebuigs i minves

Són els costos dels productes o peces que són eliminats perquè tenen defectes i no poden ser lliurats al client. Són els costos de les peces rebutjades o les porcions de producte que són eliminats. Aquests costos es componen principalment de tres tipus:

- Costos de materials o matèries primeres utilitzats en la fabricació de la peça rebutjada.
- Costos de ma d'obra que ha participat en la fabricació de la peça rebutjada.
- Costos d'emmagatzematge tant dels materials utilitzats en la fabricació com dels productes acabats.

b) Retocs i reparacions

De vegades el producte defectuós es pot reparar abans d'enviar-lo al client. Aleshores els costos de les operacions que es realitzen per fer que aquell producte estigui d'acord amb les especificacions es diuen costos de retocs o reparacions.

Aquests costos inclouen:

- Costos de ma d'obra que intervé en la reparació de la peça defectuosa.

- Costos de materials i matèries primeres que siguin necessaris per a dur a terme la reparació.
- Costos d'operacions de control que s'haurà de fer per garantir que aquest producte reparat està en condicions per ser enviat al client.
- Costos de pèrdues de temps com a conseqüència de la fallada.

c) Compres inutilitzables

Són els costos dels productes o matèries primeres que no es poden fer servir degut a un error d'aprovisionament o a uns canvis en el disseny.

d) Avaries dels equipaments

Són les despeses produïdes per les aturades de les màquines o per les avaries que hi tinguin lloc. Inclouen els següents costos:

- Costos deguts al temps que el personal està aturat degut a l'avaria.
- Costos deguts a les pèrdues de la producció.
- Costos de la mà d'obra utilitzada en la reparació
- Costos dels materials utilitzats en la reparació

e) Desvalorització del producte

Pot passar que es produeixi més producte del que es ven, aleshores aquest perd valor. També pot passar que el preu de venda disminueixi perquè els productes són defectuosos. En tots dos casos es dirà que el producte s'ha desvaloritzat. Els costos de la desvalorització són:

- La diferència del preu normal i el preu reduït al que s'ha de vendre el producte.
- Despeses extres per a comercialitzar aquests productes: publicitat, nous catàlegs, etc.
- El cost de l'estoc immobilitzat fins a la venda.

f) Trencament d'estocs

Aquesta situació es produeix quan l'empresa es queda sense producte. Les causes d'aquest fenomen poden ser diverses. Per exemple, una empresa pot haver de parar la producció perquè no li arriba la matèria primera. Fins i tot si exhaureix tots els estocs pot perdre vendes si ja no li queden productes acabats. Els costos de les parades de producció i els costos de les pèrdues de vendes constitueixen els costos de trencament d'estocs.

g) Contaminació

En aquest apartat s'inclouen les multes per contaminació i vessaments il·legals així com les inversions i despeses de les instal·lacions de descontaminació que l'empresa hagi de fer.

6.2. Els costos d'anomalies externes

Són els que es produeixen després que el producte hagi sortit de l'empresa, hagi arribat al client i aquest no estigui satisfet amb ell. Aquests costos poden ser de diferents tipus:

a) Reclamacions de clients

Són els costos lligats al tractament de la reclamació i a les seves conseqüències. Poden ser:

- Costos dels salaris del personal que ha d'analitzar la reclamació.

- Despeses de desplaçament si cal visitar al client.
- Els reembossaments al client.
- Despeses de transport, càrrega, descàrrega i emmagatzematge del producte.

b) Garanties

Si el producte defectuós estava en garantia aleshores l'empresa ha de canviar-lo per un altre de nou o reparar-lo. Els costos de garanties no sols el cost de l'aparell nou sinó també els de tot el servei post venda que es dediqui a atendre les garanties. Així doncs caldrà tenir en compte els costos següents:

- Costos de l'aparell nou o de la reparació del defectuós.
- Costos del servei post venda:
 - a. Personal
 - b. Locals, magatzem i tallers
 - c. Despeses de desplaçament per atendre les garanties.

c) Descomptes

De vegades en lloc de canviar les peces defectuoses s'ofereix al client la possibilitat de compensar-lo amb un descompte. El valor d'aquest descompte és un cost que cal incloure en les anomalies externes.

d) Campanyes de substitució de productes defectuosos

Algunes empreses, com les d'automòbils, quan detecten alguna anomalia important en els seus productes avisen a tots els propietaris d'aquell vehicle perquè passin pels tallers per canviar aquella peça defectuosa. Aquests costos estan compostos de:

- Costos de la campanya de publicitat
- Costos de les peces a canviar
- Costos de personal

e) Indemnitzacions

Són pagaments que les empreses fan als clients per compensar la mala qualitat del seu producte o servei. Per exemple si unes matèries primeres no arriben a temps per culpa del transport, de vegades, aquest ha de compensar el client amb una indemnització equivalent al cost de l'aturada.

f) Pèrdues de clients

Quan un producte perd prestigi i imatge degut a l'aparició de defectes o fallades les vendes cauen i es perden clients. El cost d'aquestes pèrdues també s'ha de comptar com a cost d'anomalia externa.

6.3. Costos de detecció

Quan una empresa decideix establir uns sistemes de control i verificació dels seus productes per tal d'aconseguir que estiguin d'acord amb les exigències de la qualitat, aleshores ha de fer front a uns costos que es denominen costos de detecció. Aquests costos poden ser del tipus següent:

a) Control de recepció

Si es vol establir un sistema de control de recepció, aleshores s'haurà de fer front als costos del personal i dels equipaments necessaris per dur a terme aquesta activitat.

b) Control en procés

Si l'objectiu es establir un sistema de control de fabricació del producte aleshores els costos a cobrir seran els de personal i equipaments necessaris per realitzar aquesta inspecció.

c) Control del producte acabat

Si, en canvi, es decideix controlar el producte un cop està acabat, els costos hauran d'incloure, a més del personal i dels equipaments, els costos dels possibles laboratoris.

d) Controls subcontractats

Una altra opció és cedir el controls una altra empresa subcontractada que treballi per a nosaltres i s'encarregui del control total o parcial dels productes. Aleshores els costos que s'haurà de fer front seran els derivats de l'activitat d'aquesta empresa.

e) Manteniment i calibració dels equipaments de control

En aquest apartat es computaran les despeses derivades dels laboratoris, dels equipaments i de les maquinàries utilitzades en el control del procés.

f) Materials

Si en el procés de control hi ha despeses de material o s'ha fet inservible algunes peces produïdes o alguna part del producte, caldrà computar els costos que se'n derivin d'aquests components.

g) Enquestes a clients

Si s'han realitzat enquestes per detectar el grau de satisfacció del client caldrà comptabilitzar els costos derivats d'aquests estudis.

6.4 Costos de prevenció

Si l'empresa acorda establir sistemes que evitin, redueixin o previnguin els defectes del producte s'haurà de fer front a uns costos de prevenció que estaran destinats a combatre les causes de les anomalies. Els principals costos de prevenció són:

a) Departament de qualitat

Els costos relatius al departament de qualitat que no estiguin relacionats amb el control de qualitat sinó amb la prevenció.

b) Sistema de qualitat

Els costos relatius a la implantació d'un sistema de qualitat en l'empresa. Es a dir a l'elaboració d'un manual de qualitat, d'un manual de procediments i a l'establiment d'unes auditories.

c) Revisió del disseny

Una de les millors mesures per prevenir els possibles defectes consisteix en revisar el disseny del producte que fabriquem, però aquesta feina també comporta unes despeses. Són els costos de les metodologies que assegurin la qualitat en el disseny.

d) Formació i sensibilització

Una altra manera de prevenir els defectes consisteix en sensibilitzar el personal en la qualitat i si s'escau formar-lo. Aquestes despeses constitueixen una nova partida anomenada costos de formació i sensibilització.

e) Manteniment preventiu

També haurem de comptabilitzar els costos del personal encarregat del manteniment preventiu.

f) Avaluació de proveïdors

Per prevenir defectes també és necessari controlar les matèries primeres o els productes adquirits. La classificació i selecció dels proveïdors té uns costos que es computaran en aquest apartat i que tindrà repercussió en la qualitat.

g) Sistemes de millora

Totes aquelles despeses relatives al temps o als mitjans utilitzats per millorar les activitats dins de l'empresa com per exemple els grups de treball o els cercles de qualitat hauran de comptabilitzar-se com a costos de sistemes de millora.

h) Enquestes a clients

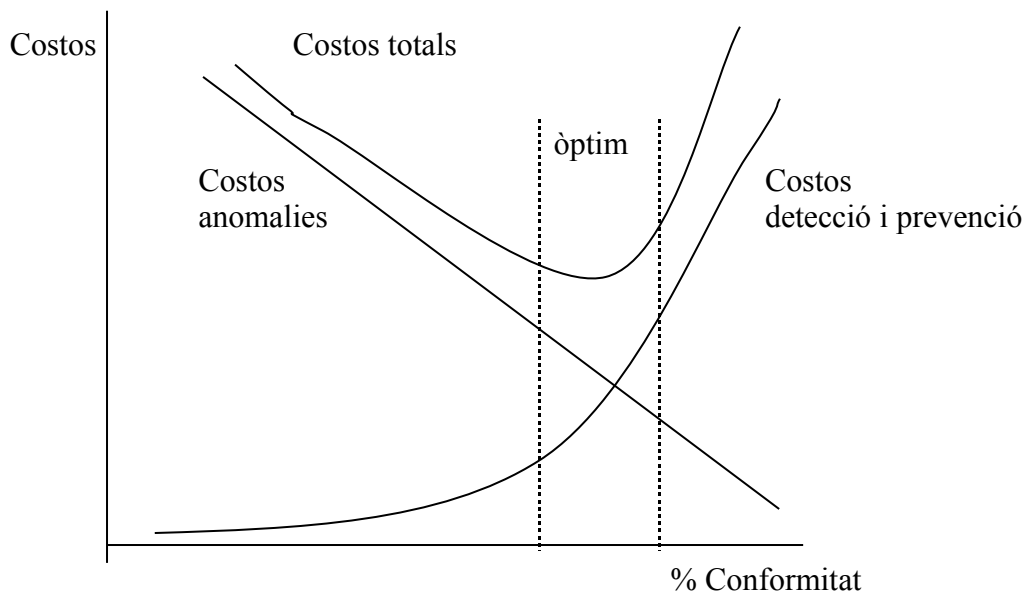
Si a més de tot l'anterior s'ha dut a terme estudis per conèixer les expectatives dels clients, els costos d'aquests treballs s'hauran de comptabilitzar en aquest apartat.

6.5 CALCUL DE COSTOS DE QUALITAT

El cost total de la qualitat en una empresa és la suma dels costos deguts a les anomalies internes, dels costos de les anomalies externes, dels costos de detecció i dels costos de prevenció.

Costos totals = Costos anomalies (externes i internes) + Costos de detecció i prevenció.

Tot indica que a mesura que es prenen més esforços en controlar i prevenir, els costos de les anomalies disminueixen. Així, si féssim una gràfica en la que en ordenades poséssim els costos i en abscisses la conformitat en percentatge, els costos de les anomalies seria una corba decreixent, mentre que els costos de detecció i prevenció seria una corba creixent. La suma de les dues corbes té un mínim que marca el **nivell òptim dels costos de qualitat**. Aquest és el nivell a partir del qual resulta més cara la prevenció i detecció que el que ens podem estalviar en les fallades.



Quan una empresa posa en marxa un sistema de control de qualitat es trobarà que els costos de les anomalies no es redueixen ràpidament i en canvi els costos de detecció i prevenció augmenta. Es tracta doncs d'aconseguir que els costos de no superar l'òptim ja que aleshores passat un temps es notarà la millora.

Per calcular els costos i determinar l'òptim cal obtenir dades de la comptabilitat de l'empresa, per saber les despeses de compres o de vendes, i realitzar enquestes.

6.6 ACTIVITAT

1. La taula següent mostra un informe anual dels costos de qualitat (en milers d'euros) d'una empresa que fabrica pneumàtics. La primera columna correspon al cas de 10% de

qualitat de conformitat i en les següents aquest valor augmenta al 30% 50% 80% i 100%.

- Representa gràficament la gràfica dels costos d'anomalies.
- En els mateixos eixos representa la gràfica dels costos de detecció i prevenció.
- Suma les dues gràfiques i representa la gràfica resultant en el mateix dibuix.
- Entre quins valors creus que es trobaria el nivell òptim dels costos de qualitat.

Costos en 1000 euros per cada partida de 2500 pneumàtics	Conformitat					
	10%	30%	50%	70%	90%	100%
Costos d'anomalies						
• Existències defectuoses	2,50	1,00	0,60	0,40	0,10	0
• Reparacions del producte	2,20	1,30	0,60	0,50	0,10	0
• Recol·lecció de deixalles	1,30	0,60	0,40	0,50	0,10	0
• Llançament de deixalles	1,00	0,60	0,40	0,60	0,20	0
• Canvi de categoria del producte	3,00	2,5	1,5	1,5	2	2
• Hostilitat dels consumidors	4,00	3	2,5	1,5	1,5	1,5
Total costos d'anomalies						
Costos de detecció						
• Inspecció a l'entrada	0,15	0,20	0,40	0,66	1,20	1,60
• Inspecció 1	0,25	0,25	0,50	0,84	1,50	2,00
• Inspecció 2	0,10	0,20	0,40	0,66	1,20	1,60
• Inspecció en l'acte	0,10	0,25	0,50	0,84	1,50	2,00
Costos de prevenció						
• Enginyeria de control de qualitat de planta local	0,20	0,30	0,60	1,00	1,80	2,40
• Enginyeria de control de qualitat corporativa	0,20	0,30	0,60	1,00	1,80	2,40
Total costos detecció i prevenció						
Total costos						

2. La taula següent mostra un informe trimestral dels costos de qualitat (en milers s'euros) d'una empresa que fabrica compressor. La primera columna correspon al cas de 10% de qualitat de conformitat i en les següents aquest valor augmenta al 30% 50% 80% i 100%.

- Representa gràficament la gràfica dels costos d'anomalies.
- En els mateixos eixos representa la gràfica dels costos de detecció i prevenció.
- Suma les dues gràfiques i representa la gràfica resultant en el mateix dibuix.
- Entre quins valors creus que es trobaria el nivell òptim dels costos de qualitat.

Costos en 1000 euros	Conformitat					
	10%	30%	50%	70%	90%	100%
Costos d'anomalies	13	10	7,5	4,5	1,5	0
Costos detecció i prevenció	1	2	3,5	4,5	13	15
Total costos						

Beneficis de qualitat

Una millora en la qualitat comporta uns costos i aquests costos s'han de justificar posteriorment amb beneficis. Així doncs denominarem:

$$\text{Rendibilitat de la qualitat (ROQ)} = \frac{\text{Beneficis}}{\text{Costos de la inversió en qualitat}}$$

Els beneficis en la millora de la qualitat comporten unes reduccions en els costos de qualitat deficient és a dir es reduiran els costos per anomalies i també in increment dels ingressos per vendes.

Així doncs per estimar els beneficis hem de considerar:

- Les reduccions dels costos d'anomalies
- La reducció produïda per la millora del procés de fabricació.
- Recuperació de clients.
- Augment dels nous clients

Un aspecte fonamental a l'hora de calcular el ROQ és evitar les suposicions o estimacions que no siguin realistes. Una forma de fer això és a través d'una anàlisi de sensibilitat.

L'anàlisi de sensibilitat consisteix a repetir les estimacions incrementant o disminuint un 20% i tornar a calcular el ROQ i si les variacions són molt petites, aleshores podem assegurar que l'estimació és correcta.

Prevenció		Beneficis
		Prevenció
Detecció		Detecció
Anomalies		Anomalies

Informació sobre la qualitat deficient

A mesura que han sorgit equips estructurats per a la millora de la qualitat s'ha vist la necessitat de disposar d'informació sobre els costos de qualitat. Aquestes dades són les que permetran diagnosticar el problema, fer un seguiment de la modificació dels costos al llarg del temps i trobar la solució. Per això cal establir:

- **Una recollida de dades**
 - a) de fabricació
 - b) de vendes
 - c) de components
 - d) de defectes
 - e) de costos d'anomalies
 - f) de costos de prevenció i detecció
- **L'elaboració d'un resum de dades**
 - a) Els mètodes habituals l'elaboració de resums de dades per producte, per procés, per component, per defecte etc.
 - b) També es pot fer un resum per unitat de treball dins d'empresa
 - c) Es pot fer un resum per categoria de qualitat deficient
 - d) Per temps

- **Establir unes bases de comparació**

Es aconsellable que es pugui comparar els costos de qualitat amb uns altres costos que serveixin de base. Sovint se sol agafar com a bases les referències següents:

Bases per la mesura dels costos de qualitat
Cost de l'hora de ma d'obra
Costos estàndards de fabricació
Valor afegit
Vendes
Cost d'unitat de producte

- **Informar dels resultats**

L'informe dels resultats ha d'elaborar-se periòdicament i ha de recollir els resultats de les millores introduïdes en la qualitat. Ha d'incloure els resultats dels esforços realitzats fins ara per la millora i aportar noves directrius per al futur. Sovint va be incloure unes puntuacions que permetin al directiu veure l'empresa des de quatre perspectives:

- | | |
|------------------------------------|----------------------------------|
| ▪ Com veuen l'empresa els clients? | Perspectives dels clients |
| ▪ En què hem de destacar? | Perspectives internes |
| ▪ Com podem seguir millorant? | Perspectives d'innovació |
| ▪ Com ens veuen els accionistes ? | Perspectives financeres |

NORMALITZACIÓ I CERTIFICACIÓ

7. La Normalització

La normalització és una activitat que pretén establir un procés a través del qual s'unifiquen criteris respecte a determinades matèries i es possibilita la utilització d'un llenguatge comú en un camp d'activitat concret.

La normalització és el resultat d'un pacte que es plasma en un Document Tècnic mitjançant el qual fabricants, consumidors, usuaris i Administració acorden quines han de ser les característiques tècniques que ha de tenir un producte o servei. La forma pràctica de dur a terme la normalització és a través de la Norma definida per ISO (International Standardization Organization) que és l'organisme encarregat de la estandardització.

7.1 Definició de Norma. Segons la ISO s'entén per Norma: *L'especificació tècnica, accessible al públic, establerta amb la cooperació i el consens o l'aprovació general de totes les parts interessades, basada en els resultats conjunts de la ciència, la tecnologia i l'experiència, que té per objectiu el benefici òptim de la comunitat y que ha estat aprovada per un organisme qualificat a nivell nacional, regional o internacional.*

La normalització és un procés de simplificació amb el que es pretén reduir el nombre de bens i serveis per tal d'evitar una complexitat innecessària de productes. És una activitat de caràcter social i econòmic, raó per la qual la Norma ha de basar-se en el consens general de tots els implicats.

No n'hi ha prou amb l'elaboració i publicació de la norma, cal també aplicar-la. Les normes han d'adequar el seu contingut als canvis tecnològics que es produeixen. Això vol dir que cal revisar-la periòdicament i si s'escau modificar-la.

Les especificacions de les característiques d'un producte han d'incloure una descripció dels mètodes i les proves que cal fer per comprovar si el producte compleix amb les especificacions.

7.2 Història de la Normalització

Si bé la normalització establerta per consens és una activitat actual, l'establiment de normes dictades pel poder és una activitat molt antiga. Així doncs, un dels exemples més antics de reglamentació tècnica els trobem a la Bíblia en el capítol de l'Èxode on hi ha una definició detallada del tabernacle, de mobles sagrats i dels edificis que els han d'acollir:

“Vull que els israelites facin un santuari perquè jo pugui habitar enmig d'ells. El lloc on haig d'habitar i tots els seus objectes sagrats, feu-los en tot igual al model que et mostraré.

Que facin un arca de fusta de acàcia de cinc pams de llargada per tres d'amplada i tres d'alçada. Recobreix-la d'or pur per dins i per fora i adorna-la amb una motllura d'or tot al voltant.

Fes quatre anelles d'or i fixa-les als seus quatre angles inferiors, dues anelles a un costat i dues a l'altre. Fes després unes barres de fusta d'acàcia i recobreix-les d'or, i fes-les passar per dins de les anelles dels costats de l'arca, per a poder-la transportar. Deixa posades les barres dintre les anelles, no les treguis mai. A dins de l'arca, posa-hi el document de l'aliança que jo et donaré.”

(Èxode, 25)

Aquesta especificació tècnica, que detalla no sols com ha de ser l'arca sinó també la taula d'ofrenes, el canelobre, l'estructura del tabernacle, les cortines i altres coses més, tenia la seva raó de ser pel fet que la forma de l'arca de l'aliança estava lligada a la qualitat de la fe.

Una part important de la normalització són les unitats de mesura. El problema de mesurar també era conegut a l'antiguitat. No obstant això inicialment a les civilitzacions Mesopotàmica i Babilònica aquestes mesures estaven reservades solament als iniciats. A més, no eren les mateixes per a cada indret. Així doncs, per exemple un estadi valia a

l'Antiga Grècia 600 peus mentre que a Roma mesurava 625 peus. Així es va mantenir durant molts segles fins que al 1790 l'Académie de Sciences de París va elaborar un sistema de mesures decimal del qual la mesura patró fou el metre i que poc a poc va anar aplicant-se a tot arreu.

Les normes van prendre forma de regles durant l'Edat Mitjana que feien servir els artesans i tècnics per construir les catedrals. Aquestes regles solien presentar-se com a receptes. També la música la pintura i la poesia han tingut unes regles de llenguatge que han funcionat com a normes de base per possibilitar que l'obra artística sigui compresa per la resta de la població.

Veiem doncs que al llarg de la història l'home ha anat establint diferents normes o regles per poder comunicar-se amb els altres. Tanmateix, pel que fa als productes industrials no tenim constància que n'establís excessives normes, cosa que fa pensar que potser es transmetien per la via oral. L'arqueologia ha mostrat que els recipients de ceràmica fabricats des de l'antiguitat mantenien una gamma de models bastant regular. De vegades les normes eren establertes per decisió política, com és el cas de l'emperador xinès Huang Di que va establir quina havia de ser l'amplada dels camins i en conseqüència quina havia de ser la separació de les rodes dels carros. Aquestes foren, però, decisions preses autoritàriament i no per consens ja que els que es van oposar a l'emperador varen ser enterrats vius.

Els Romans també van introduir certes reglamentacions. Així doncs, els maons que tant s'utilitzaren en la construcció havien de tenir dimensions ben definides. El mateix succeïa amb les canalitzacions d'aigua fabricades de ceràmica. En el segle I amb la fabricació d'àmfores hi trobem un altre exemple de fabricació racionalitzada ja que hi havia uniformització en els tipus fabricats en algunes regions de la Gàl·lia.

Durant l'Edat Mitjana per controlar la qualitat dels productes manufacturats i vigilar que se seguien els reglaments establerts per als gremis es va crear la figura de l'inspector d'ofici. Aquest individu s'ocupava de verificar si l'artesà fabricava els productes d'acord amb les reglamentacions establertes pel gremi.

Amb el Renaixement hi trobem un dels exemples més rellevants de normalització amb la invenció de la impremta i amb l'establiment posterior dels tipus de lletres romanes i itàliques que va dur a terme Garamond en 1541.

En el segle XVIII la racionalització tècnica va tenir un paper rellevant. Així doncs, en l'artilleria s'establiren en solament cinc els calibres dels canons gràcies a la reforma de Gribeauval el 1765. Més tard amb l'aparició de l'Encyclopédie s'inicià un primer pas per l'establiment d'una terminologia científica i es clarifica per primer cop la complicada terminologia dels oficis.

Com exemple dels mètodes industrials de finals del segle XVII valgui l'anècdota següent:

«El 30 d'agost de 1785, Thomas Jefferson, futur president dels Estats Units i a l'hora ministre plenipotenciari a París, explicava en la seva correspondència un procediment de fabricació de fusells dels quals havia sentit parlar i que, pensava, que podrien interessar a la jove República de l'altre costat de l'Atlàntic.

«Aquest procediment consisteix a fabricar una peça tan exactament idèntica a les altres que cadascuna pot ser utilitzada en el muntatge de qualsevol fusell. El govern francès ha estudiat i aprovat aquest mètode: actualment es construeix una important manufactura per a la seva aplicació. L'inventor ha dibuixat la platina però continua fent els plànols. Pensant en la utilitat d'aquesta invenció per als Estats Units, he anat a visitar el taller. M'han presentat 50 platines en peces separades: he muntat diverses jo mateix escollint peces a l'atzar i elles s'han muntat a la perfecció. L'inventor pensa que hi haurà moltes avantatges evidents en cas de reparació, el seu procediment permetrà la fabricació de fusells a un preu inferior a 2 lliures al preu actual; però cal comptar dos o tres anys abans que no pugui començar a subministrar-ne».

Mentre que l'inventor francès, tretze anys després va ser oblidat, als Estats Units es va posar en marxa a New Haven per Eli Whitney la primera experiència de fabricació de fusells de peces intercanviables de manera similar com s'havia intentat fer a França.

Encara que els antecedents són molt antics, la moderna Normalització va néixer durant el segle XIX al mateix temps que la industrialització. Fins a la primera meitat del segle XIX la diversificació de productes i la seva no intercanviabilitat de peces entre objectes semblants permetia assegurar la fidelitat forçada de la clientela. Així doncs, fent servir peces diferents s'obligava al comprador a buscar els recanvis a la fàbrica d'origen fins i tot per les peces més banals.

No obstant això, en el camp dels ferrocarrils es va aconseguir que hi hagués un estàndard d'amplada de vies 1,435m que fou adoptat per tots els països europeus llevat d'Espanya i Rússia no pas com a resultat d'una concertació sinó degut a una dominació de les tècniques angleses de fabricació de locomotores. Això vol dir que l'avançament tècnic d'un país pot obligar els altres a alinear-se amb les seves decisions. Al 1846 s'unificaren els sistemes de frens i al 1885 va néixer l'Associació Internacional del Congrés de Ferrocarrils amb la finalitat d'intercanviar informació.

Ara bé si en els darrers anys del segle XIX les necessitats de sistematització i harmonització internacional començaven a fer-se sentir, no s'havia encara realment posat en pràctica els mètodes de intercanviabilitat de peces en les fabricacions mecàniques a l'estil de la fabricació de fusells americana. Calia que es creessin determinades estructures socioprofessionals per poder obtenir el recolzament necessari. Així fou com el 1906 a Londres en una reunió de la British Institution of Electrical Engineers es va decidir de crear la Comissió Electrotècnica Internacional sota la presidència de Lord Kelvin. Aquesta fou la primera pedra de la Normalització moderna.

7.3 Objectius de la Normalització

Els objectius de la Normalització són els següents:

- 1) *Simplificació*: La normalització vol simplificar els productes i els processos a través del control i la unificació.
- 2) *Comunicació*: La normalització serveix per establir un intercanvi entre totes les parts involucrades en un producte o un servei. Per això, en l'elaboració d'una norma cal que hi participin totes les parts interessades.
- 3) *Economia de producció*: La normalització pretén aconseguir racionalitzar i optimitzar els processos productius i aconseguir així avantatges econòmiques per al productor i el consumidor.
- 4) *Seguretat, salut i protecció de vida*: La normalització estableix una sèrie de normes d'obligat compliment que es refereixen a la seguretat, la salut i la protecció del medi ambient.
- 5) *Protecció dels interessos dels consumidors*: La normalització pretén tenir cura de la qualitat i per això cal que el consumidor prengui consciència que parlar de normalitzat és parlar de qualitat.
- 6) *Eliminació de barreres comercials*: La normalització facilita el comerç. Així doncs els productes normalitzats poden ser comercialitzats més fàcilment en qualsevol país.

L'activitat normalitzadora vol millorar la qualitat i la competitivitat dels productes i els serveis. La seva aplicació permet produir en sèrie i intercanviar components i productes i realitzar intercanvis comercials a gran escala.

Les Normes proporcionen els avantatges següents:

- a) **Als fabricants:** Redueix la varietat de tipus de productes. Disminueix els estocs i els costos de producció. Millora la gestió. Contribueix a l'eliminació de les barreres tècniques al comerç. Ajuda a que la comercialització dels productes sigui més fàcil. I agilita els processos de comandes.
- b) **Als consumidors:** Fixa els nivells de qualitat i seguretat dels productes que compren. Dóna a conèixer les prestacions i les característiques del producte. Facilita la comparació entre les diferents ofertes de productes semblants. Agilita la compra i comandes. I informa sobre l'etiquetatge i l'embalatge.
- c) **A l'Administració:** Pot comptar amb una sèrie de documents tècnics que fan més fàcil la tasca d'establir lleis amb referència a les normes. A més es pot beneficiar com els altres usuaris en la seva condició de gran consumidor.

7.4 Què contenen les normes

Les normes poden tractar sobre qualsevol producte o servei industrial. Així doncs, es refereixen als materials (plàstic, coure, fibres vegetals, etc.), als elements i els productes (Eines, canonades, mobles, joguines, components elèctrics, etc.), a les maquinàries (Motors, ascensors, calderes, electrodomèstics, etc.), als productes químics (pintures, detergents, disolvents, etc.), a qüestions de tipus general (el medi ambient, la qualitat de l'aigua, els documents administratius etc.) i sobre les tècniques i els procediments (anàlisis químiques, assaigs mecànics, tècniques de garantia de qualitat, disseny, instal·lacions, etc.).

Les normes poden constar de:

- a) Definicions i terminologia
- b) Especificacions de productes i materials
- c) Mesures, dimensions i toleràncies
- d) Mitjans de verificació, assaig i anàlisi
- e) Símbols gràfics, unitats i equivalències
- f) Especificacions sobre mètodes i processos productius
- g) Recomanacions per a sistemes de gestió i assegurament de la qualitat
- h) Regles de disseny i projecte
- i) Procediments d'execució muntatge, etc.

7.5 Qui normalitza i com

A Espanya, les activitats de normalització estan a càrrec de AENOR (Associació Espanyola de Normalització i Certificació). Aquest organisme té com a objectiu bàsic l'elaboració i publicació de normes. També s'encarrega de fomentar la normalització mitjançant la col·laboració amb l'Administració per tal d'aconseguir una major implantació de la norma. AENOR participa en els organismes internacionals representant a Espanya.

La redacció de la norma, però no és obra exclusiva de AENOR sinó que es porta a terme en Comitè Tècnic format per representant de les empreses fabricants, dels usuaris, dels centres de recerca i laboratoris, dels professionals a través dels col·legis professionals i d'experts en el tema.

El procés d'elaboració de la norma comença per la presentació d'una iniciativa d'elaboració provinent d'organismes, d'empreses o de persones interessades. També pot partir del propi Comitè Tècnic de Normalització.

Els comitès tècnics de normalització són organismes d'AENOR que s'ocupen de desenvolupar els treballs de normalització en un camp d'activitat i en els quals hi ha representats tots els sectors implicats.

Un cop sorgida la iniciativa, el Comitè Tècnic defineix l'objectiu, el camp d'aplicació i els aspectes fonamentals del contingut de la norma i comunica la seva intenció d'elaborar una norma a AENOR.

Després d'aquesta declaració d'intencions el Comitè Tècnic comença l'elaboració. En aquest punt es consulten les normatives internacionals ja existents. Amb tota la informació es redacta un primer document denominat projecte de norma UNE que es difós a nivell de tot el país i es publica en el BOE per a sotmetre'l a un període de Informació Pública que oscil·la de 20 dies a tres mesos.

Acabada la fase d'informació pública i després de tenir en compte les observacions rebudes s'elabora el projecte definitiu que s'anomena Proposta de norma UNE. Aquesta proposta és enviada al Comitè de Normalització d'AENOR qui l'aprova amb la denominació Norma espanyola UNE. Un cop aprovada és publicada en el BOE.

7.6 Normatives de qualitat

Pel que fa a la qualitat es va establir la norma ISO 9000 que proporciona una sèrie d'estàndards per a sistemes de qualitat. Proporciona una sèrie de recomanacions i requeriments sobre el sistema de gestió per tal d'aconseguir que els productes i els serveis compleixin els requeriments del client o del mercat prèviament especificats.

La ISO 9000 no és un estàndard de producte. No conté requeriments amb els que un producte o servei ha de complir. Per això, quan es diu que un producte compleix amb la ISO 9000 s'està enganyant al consumidor ja que no són els productes qui compleixen la norma sinó les empreses que els produeixen.

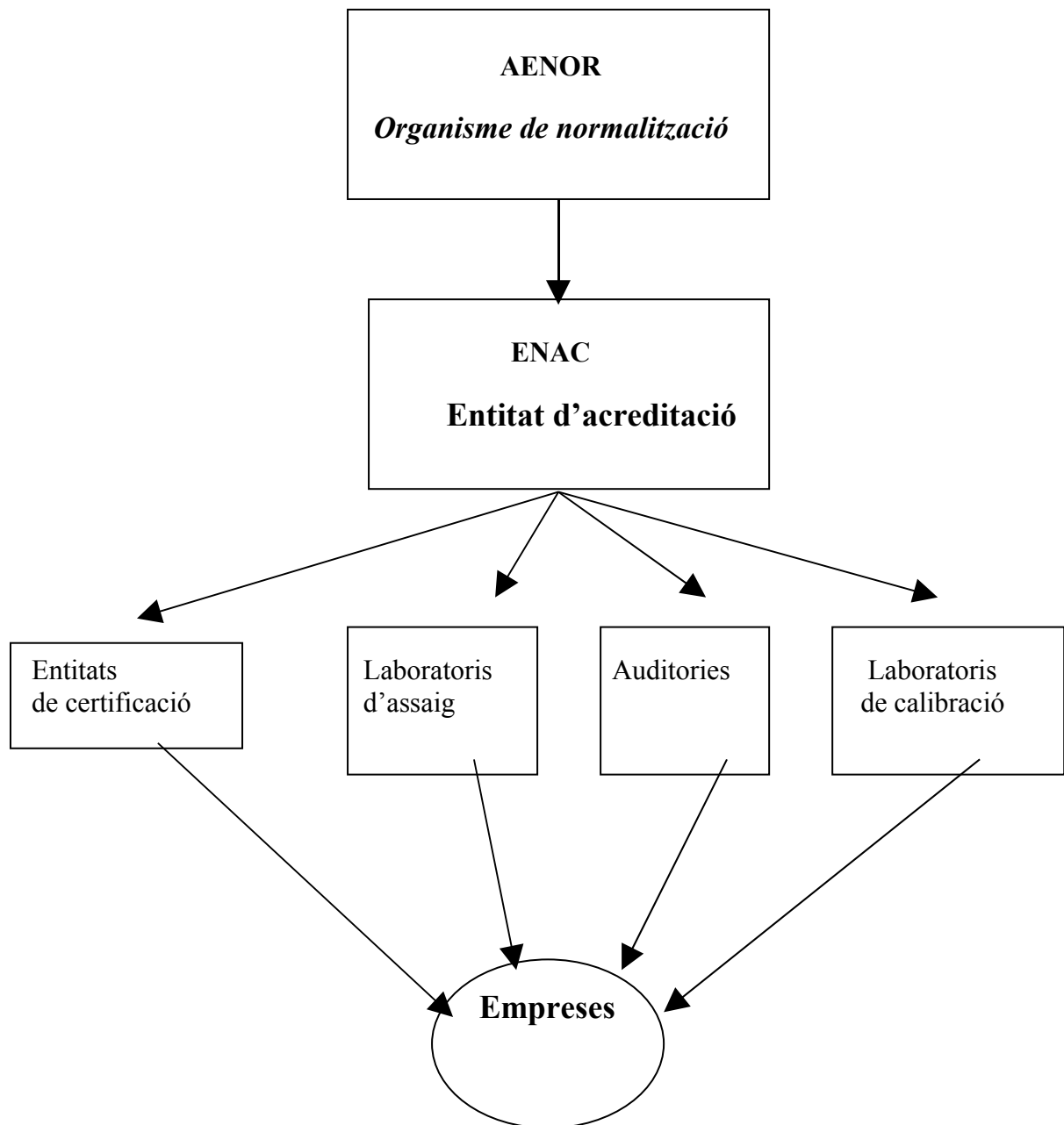
Així doncs, els requeriments i recomanacions de la ISO 9000 s'apliquen a les organitzacions que subministren el producte o servei (les empreses). En conseqüència afecten a la manera com els productes es dissenyen, es fabriquen i s'instal·len.

Organismes que formen la infraestructura de la qualitat

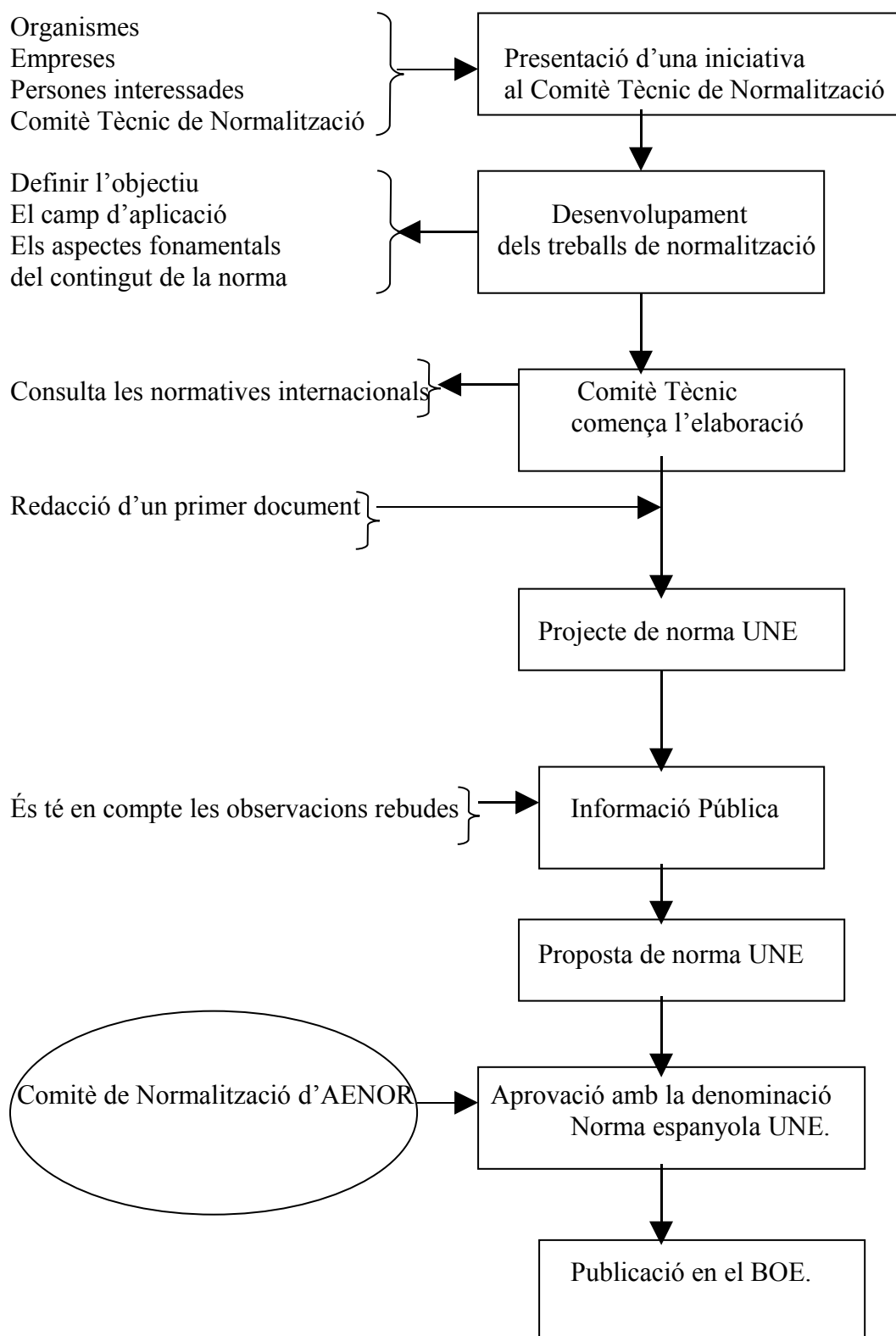
Tots els països de la Unió Europea disposen d'uns organismes que serveixin d'instruments per a la qualitat. En el cas espanyol aquests organismes són de sis tipus diferents:

- **Organisme de normalització:** sols n'hi ha un que és el que elabora la norma de qualitat i és AENOR.
- **Entitats d'acreditació:** Són els organismes que reconeix la competència tècnica dels laboratoris d'assaig i de les altres entitats per a certificar, inspeccionar o fer auditories de qualitat.
- **Entitats auditores:** Són empreses que determinen si els resultats relatius a la qualitat compleixen amb els requeriments que s'han establert prèviament. També determinen si els porten a terme i si són aptes per aconseguir els objectius.
- **Entitats de certificació:** Són els organismes que confirmen que els processos, els productes o els serveis que produeix determinada empresa estan d'acord amb les normes.
- **Laboratoris d'assaig:** Són les entitats que comproven que els productes industrials compleixen les normes corresponents.
- **Laboratoris de calibració industrial:** Són entitats que comproven els resultats de mesura es realitzen de manera uniforme.

ORGANISMES DE LA INFRASTRUCTURA DE LA QUALITAT



PROCÉS D'ELABORACIÓ DE LA NORMA



7.7.- L'acreditació

Un cop establertes les normes de la qualitat és va veure que calia que existissin un organisme que donessin fe que les empreses complien les normes. Així fou com es van crear els laboratoris d'assaig, les auditories, les entitats de certificació i els laboratoris de calibració. No obstant per inspirar confiança en aquestes institucions va aparèixer a tota Europa el concepte d'acreditació

Acreditar: és verificar per un organisme independent que les empreses certificadores compleixen també amb unes normes específiques que estan recollides en la sèrie de normes ISO i EN 45000.

Amb això es pretén que el comprador tingui garantia que la certificació de determinats productes ha estat avaluada per organismes competents.

ENAC (Entidad Nacional de Acreditación) és l'organisme tutelat pel Ministeri d'Indústria i Energia creat el 1995 que acredita les empreses espanyoles que avaluen la qualitat.

Els passos a seguir per aconseguir l'acreditació són els següents:

- L'entitat de certificació o el laboratori sol·licita ser acreditat.
- L'ENAC designa un equip auditor.
- L'equip auditor duu a terme una auditoria de sistema de funcionament.
- L'ENAC elabora un informe detallat on es precisen les desviacions respecte als requeriments d'acreditació.
- L'ENAC envia aquest informe al laboratori perquè especifiqui quines seran les mesures per corregir aquestes desviacions.
- La Comissió d'Acreditació en vista de l'informe i de les accions correctores pren la decisió d'acreditar o no i l'hi comunica al laboratori.
- Si la decisió és positiva, l'ENAC li atorga el Certificat d'Acreditació. Si és negativa, aleshores caldrà que es duguin a terme noves accions correctores.
- Cada quatre anys el laboratori o l'entitat és novament avaluada.

8. LA CERTIFICACIÓ

Segons el diccionari, certificar és garantir que una cosa és certa. Per això, per certificació entendrem l'acció d'acreditar, a través d'un document fiable, emès per un organisme autoritzat que un producte o un servei compleix amb els requisits o exigències definits per una norma o especificació tècnica.

Així doncs, la Certificació és una eina per garantir que s'està aplicant la normalització i per implantar a les empreses sistemes d'avaluació de la qualitat.

La Certificació té un component de voluntarietat inicial que es complementa amb la realització de documents que garanteixen davant de tercers que el producte o el servei té uns valor, uns mèrits i pot ser utilitzat i consumit amb confiança.

En conseqüència cal que l'autoritat administrativa que certifiqui sigui idònia i tingui prestigi reconegut ja que la Certificació és un aval que permet confirmar que aquell objecte o servei té uns avantatges diferencials respecte a altres i d'aquesta manera guanyar majors quotes de mercat.

Actualment, aquest procés ha adquirit molt interès degut al augment de l'oferta de productes i a la competència despietada. Així doncs, poder oferir un producte o un servei que tingui unes característiques de qualitat garantides per un document pot permetre un increment de vendes considerable.

8.1 Objectius de la Certificació

Els objectius que persegueix la Certificació són els següents:

- a) Estimular al productor a elevar la qualitat del producte, com a mínim fins al nivell especificat a les normes.
- b) Promoure la millora del sistema de qualitat de l'empresa.
- c) Protegir al consumidor dels productes, garantint que aquests són segurs, sans i adequats per al us.
- d) Facilitar la compra al consumidor.

La Certificació és important ja que és un mecanisme perquè les empreses implantin sistemes d'assegurament de la qualitat. A més potencia el desenvolupament tècnic del país i fa augmentar el nivell de qualitat dels productes. Té tot un seguit d'avantatges tant pels fabricants, com pels consumidors, com pels exportadors. Així doncs,

- a) **Els fabricants** es beneficien de les avantatges de la normalització. A més els serveixen de verificació dels seus propis sistemes d'assegurament de la qualitat. Els facilita la venda dels productes ja que pot fer publicitat dels mateixos. Conseqüentment augmenta la competitivitat respecte a les altres empreses. Finalment, s'estalvia inspeccions i assaigs de recepció per part del comprador.
- b) **Als consumidors** els facilita l'elecció del producte, els assegura la qualitat òptima respecte al preu. A més els proporciona una garantia de intercanviabilitat i de reparació.
- c) **L'exportador** es beneficia ja que AENOR firma acords amb altres països respecte als reconeixement de les seves marques. Així es facilita l'exportació en altres països. La certificació mostra la qualitat dels productes als diferents mercats.

8.2 Qui certifica i com

A Espanya l'entitat que s'ocupa de la certificació és AENOR, la qual desenvolupa una política en la que utilitza com a base les Normes i especificacions tècniques per ella establertes i concedeix certificats als productes que garanteixen que s'ajusten a les normes.

El proveïdor d'un producte o servei pot demanar a AENOR la certificació respecte a:

- a) Productes o serveis
- b) Empreses
- c) Personal

AENOR concedeix unes marques de conformitat que són unes marques registrades que sols poden ser aplicades quan se segueixen les regles d'un sistema de certificació. Això vol dir que s'estableix dos tipus de contracte jurídic. El primer contracte és entre el fabricant i el comprador segons el qual el primer assegura al segon que el producte que elabora i ven és conforme a una norma. El segon contracte s'estableix entre el fabricant i AENOR i consisteix en què el primer reconeix al segon el dret a inspeccionar el procés de fabricació i permet intervenir en el producte que duu la marca per sotmetre'l als assaigs pertinents.

AENOR fa servir diversos sistemes de certificació que varien segons el tipus de producte, segons les tècniques, o segons els requeriments legislatius.

Els sistemes de certificació més habituals són els assaigs de tipus i l'avaluació del control de qualitat de la fàbrica i la seva acceptació, seguit d'un control que té en compte, a la vegada, l'auditoria del control de qualitat de la fàbrica i els assaigs de verificació de mostres agafades del mercat i/o de la fàbrica. Actualment es tendeix a l'ampliació de l'auditoria fins a cobrir el sistema de qualitat total del subministrador.

Així doncs, respecte als **productes o serveis** es pot demanar una:

- a) Marca AENOR de producte certificat o Marca N que certifica que el producte o servei és conforme amb alguna de les normes UNE. Aquesta és una marca de conformitat de sol·licitud voluntària, però un cop concedida la seva utilització és obligatòria en aquells productes pels quals ha estat concedida. Es materialitza mitjançant una etiqueta col·locada en el producte.
- b) Marca AENOR de seguretat o Marca S que certifica que el producte compleix amb les normes de seguretat requerides per les normes UNE o altres documents que garanteixin la seguretat. S'aplica a aquells productes on el factor de seguretat és molt important com els aparells elèctrics, les maquinàries industrials d'alt risc, etc. Es materialitza mitjançant una etiqueta col·locada en el producte. Si el producte ja té concedida la marca N no caldrà fer els assaigs de conformitat amb la norma UNE ja que s'hauran realitzat prèviament.
- c) Marca AENOR de compatibilitat electromagnètica que certifica que aquests productes compleixen amb les característiques de compatibilitat electromagnètica especificades en les normes UNE corresponents. Aquesta Marca va adreçada a aquells productes que poden crear perturbacions electromagnètiques o ser afectats per elles. Aquesta marca sol concedir-se després d'aconseguir les marques N i S. Es materialitza mitjançant una etiqueta col·locada en el producte.
- d) Marca AENOR mediambiental que certifica que els productes o serveis s'ajusten a les normes o als criteris ecològics. A més que provenen d'unes empreses la repercussió ambiental de les quals està controlada. Es materialitza mitjançant una etiqueta col·locada en el producte.
- e) Certificació de conformitat que garanteix que els productes s'ajusten als requeriments de determinades especificacions tècniques. Aquest certificat no dóna lloc a cap tipus de marca. Actualment AENOR concedeix certificats de conformitat per a:
 - a) Material elèctric sotmès a la Directiva de Baixa Tensió 73/23/CEE de 19 de febrer.
 - b) Determinació de la potència acústica admissible de determinats materials i maquinàries d'obra per les directives esmentades pel RD 245/89 de 27 de febrer.
 - c) Joguines sotmeses a la Directiva 88/378/CEE de 3 de maig.
 - d) Aparells de gas sotmesos a la Directiva 90/396/CEE de 29 de juny.
 - e) Determinació de seguretat de les màquines conforme a la Directiva 89/392/CEE de 14 de juny.
 - f) Equips de protecció individual sotmesos a la Directiva 89/686/CEE de 21 de desembre.

La forma d'aconseguir qualsevol de les marques abans esmentades consisteix a realitzar una sol·licitud al corresponent Comitè Tècnic de Certificació AENOR. El Comitè envia l'entitat d'avaluació —que són entitats reconegudes per AENOR— al lloc de producció perquè dugui a terme una auditoria de qualitat. L'entitat d'avaluació agafa mostres dels productes perquè siguin enviades als laboratoris d'assaigs acreditats i poder així fer les

proves pertinents. Aquests laboratoris han d'estar acreditats pel Ministeri d'Indústria i Energia.

Un cop fetes aquestes proves i emesos els informes pel laboratori i per l'entitat avaluadora, el Comitè proposa o no la concessió de la Marca a la Comissió de Certificació de AENOR que és l'òrgan decisor. Un cop concedida la marca, el fabricant haurà de marcar els seus productes amb l'etiqueta corresponent. El Comitè Tècnic de Certificació realitza un seguiment i control de la producció així com dels productes que hi ha en el mercat.

Respecte a **les empreses**, AENOR concedeix una certificació que indica que l'empresa està inscrita en un registre d'empreses en el que hi són totes aquelles que compleixen amb els requeriments de certificació. Aquest registre és de consulta pública i indica des de quan l'empresa ho compleix i si encara continua complint els requisits.

El certificat de Registre d'Empresa és també un testimoni de conformitat del sistema d'assegurament de la qualitat adoptat i implantat per l'empresa segons les normes ISO 9001, 9003, 9002 o equivalents.

Aquest certificat implica l'avaluació i control de les disposicions d'assegurament de la qualitat pròpies de l'empresa encara que no pressuposa cap certificació del producte dels processos o dels serveis. Aquest certificat és concreta en la Marca d'Empresa Registrada que dona fe de pertinença al Registre d'Empreses. Es materialitza mitjançant una etiqueta col·locada en el producte.

El procediment d'obtenció d'una Marca AENOR d'Empresa Registrada és el següent:

- 1) L'empresa interessada ha de formular la sol·licitud a AENOR acompanyada d'un qüestionari d'avaluació preliminar que li proporciona la pròpia AENOR.
- 2) La sol·licitud és examinada pels serveis d'AENOR per tal de determinar si el Sistema d'Assegurament de la Qualitat de l'empresa és susceptible de satisfer les exigències de les normes ISO 9001, 9002, 9003.
- 3) Quan l'empresa considera que està en condicions de confirmar la seva sol·licitud s'estableix un calendari per al desenvolupament dels tràmits.
- 4) Segons els resultats dels tràmits, la Junta Directiva d'AENOR concedirà o denegarà el Certificat de Registre d'Empresa.
- 5) El Certificat és atorgat per un període de tres anys. Al finalitzar aquest període es farà una auditoria per a la renovació del Certificat.

AENOR edita periòdicament una publicació *Centinforma* on recull la relació d'empreses y productes certificats per AENOR i que tenen dret a utilitzar la Marca.

Respecte al **personal** també es pot aconseguir una certificació que garanteixi que les persones tenen uns coneixements o unes habilitats. També en aquest cas hi ha un registre on els interessats es poden inscriure.



9. ISO 9000

L'assegurament de la qualitat en l'empresa

Direm que una empresa assegura la qualitat si és capaç de complir sempre els requeriments que li demanen els clients. Per poder demostrar que té aquesta capacitat, l'empresa ha de posar per escrit:

- La seva organització:
 - L'organigrama
 - Les funcions
 - Les responsabilitats
- Les seves activitats i la forma de realitzar-les
 - Els processos
 - Els procediments i les instruccions de treball

Tot això constitueix el sistema de qualitat o sistema d'assegurament de la qualitat. Per fer això s'ha establert internacionalment les normes ISO 9000.

9.1 Parts de la ISO 9000

La ISO 9000 conté dos tipus de normes. Les que van adreçades a l'assegurament de la qualitat i les que van adreçades a la gestió de la qualitat. Les primeres estan desenvolupades a les ISO 9001, ISO 9002, i ISO 9003. Les segones les trobem a la ISO 9004.

ISO 9000-1	Estàndards d'assegurament de la qualitat i gestió de la qualitat. Línies d'actuació per a selecció i ús.
ISO 9000-2	Línies d'actuació per a l'aplicació de la ISO 9001, ISO 9002, ISO, 9003
ISO 9000-3	Línies d'actuació per a l'aplicació de la ISO 9001 al desenvolupament, subministrament i manteniment de software.
ISO 9001	Sistemes de qualitat. Model per a l'assegurament de la qualitat en disseny, desenvolupament, producció, instal·lació i servei post venda.
ISO 9002	Sistemes de qualitat. Model per a l'assegurament de la qualitat en producció i instal·lació.
ISO 9003	Sistemes de qualitat. Model per a l'assegurament de la qualitat en inspecció final de proves.
ISO 9004-1	Gestió de la qualitat i elements del sistema de qualitat. Línies d'actuació.
ISO 9004-2	Gestió de la qualitat i elements del sistema de qualitat. Línies d'actuació per a serveis.
ISO 9004-3	Línies d'actuació per a materials processats.
ISO 9004-4	Línies d'actuació per a millorament de la qualitat.
ISO 9004-5	Línies d'actuació per a plans de qualitat.
ISO 9004-6	Guia per al assegurament de la qualitat
ISO 9004-7	Línies d'actuació per a gestió de configuració.

Una mica d'història de la norma ISO

Els sistemes de qualitat apareixen per primer cop els anys 1950. Els progressos en aquest camp han estat marcats pels militars. Així, el primer estàndard de qualitat va ser establert pel Departament de Defensa americà el 1959 era el MIL Q 9858A. Al 1968 el va seguir les Publicacions d'Assegurament de la Qualitat (AQAP, Allied Quality Assurance Publications) de la OTAN. Al 1970, el ministeri de defensa britànic va publicar la DEFSTAN 05-08. I, al 1972 la British Standards Institution (BSI) va publicar la BS-4891, guia d'assegurament de la qualitat.

Al 1984, en vista del interès internacional per aquests temes l'Organització de Estàndards Internacional (ISO International Standards Organization) va plantejar-se de fer un estàndard internacional per a sistemes de qualitat. Més de 26 països s'hi implicaren, va trencar motlles i va establir un estàndard mundial per a la gestió de qualitat. Fou aprovada el 1987.

Cada país implicat va publicar el seu equivalent nacional que sols es diferenciava en l'idioma, la numeració, el títol i la introducció.

La ISO 9000 va ser concebuda com un estàndard general per a sistemes de qualitat que pot aplicar-se a qualsevol cosa, des d'una tenda a la indústria aeroespacial, de d'una bugaderia a una multinacional, des d'una petita empresa de càtering a una cadena hotelera.

9.2 Documents d'un sistema de qualitat

Un dels principis de l'assegurament de la qualitat és que totes les activitats de l'empresa que afectin la qualitat dels productes han d'estar posades per escrit. Amb això es pretén:

- **Deixar clares les responsabilitats:** Tant de les persones individualment considerades com dels diferents departaments que conformen l'empresa.
- **Definir d'una única manera la forma de fer les coses:** Així s'evitarà que cada operari faci les coses de manera diferent.
- **Ajudar a les persones que s'incorporen de nou a l'empresa:** D'aquesta manera un nou operari es trobarà per escrit quines són les seves funcions i quines són les activitats del departament al que s'ha incorporat. Aquesta documentació li facilitarà l'adaptació al lloc de treball.
- **Facilitar la millora continuada dels mètodes de treball:** La consignació per escrit de la manera com es duen a terme les activitats facilita la detecció d'errors i d'aquesta manera es poden trobar les solucions que permetin que el treball sigui més eficient.

El sistema de qualitat d'una empresa ha de constar de diversos documents però els més importants són:

- **Manual de qualitat**
- **Manual de procediments**
- **Manual d'instruccions de treball**
- **Registres:** Documents que proven que les instruccions de treball i els procediments es porten a terme.

A més hi pot haver altres documents propis de l'empresa que completin els anteriors com:

- Plans de formació
- Plans de control
- Especificacions dels productes que es venen
- Especificacions dels productes que es compren

9.3. EL MANUAL DE QUALITAT

El manual de qualitat d'una empresa és el document que descriu el seu sistema de qualitat. Així doncs, explica com l'empresa està organitzada, quina és la seva activitat i com la duu a terme i quines són les mesures que pren per assegurar la qualitat.

Estructura d'un manual de qualitat

No hi ha una norma específica sobre com ha de ser un manual de qualitat i cada empresa pot estructurar-lo com li sembli, però generalment tots els manuals tenen una estructura semblant. Un exemple pot ser el següent:

1. **Objectiu i àmbit d'aplicació:** Aquest primer capítol ha d'explicar per quines raons s'ha elaborat aquest manual de qualitat i a quins apartats de l'empresa afecten.
2. **Documents de referència i definicions:** Es detallarà la llista de documents que l'empresa utilitza per a dur a terme la seva proposta de qualitat així com un vocabulari breu dels termes utilitzats i que presenten alguna dificultat.
3. **Presentació de l'empresa:** Aquí s'explicarà quina és l'activitat de l'empresa, la seva organització i els mitjans de que disposa.
4. **Objectius i política de qualitat de l'empresa:** Aquí es farà una descripció dels objectius que la direcció de l'empresa s'ha fixat pel que fa a la qualitat.
5. **Descripció del sistema de qualitat:** Aquest és el capítol principal del manual de qualitat. En ell es detallen les activitats que l'empresa realitzarà per assegurar la qualitat. Està dividit en subapartats que de vegades coincideixen amb els apartats de la norma ISO.
 - 1) **Responsabilitats de la direcció:** Definir per escrit la política de qualitat de l'empresa i establir la manera de comunicar-la als seus membres
 - 2) **Sistema de qualitat:** Establir i mantenir un sistema de qualitat documentat.
 - 3) **Revisió de contractes:** Establir quin seran els procediments per a la revisió dels contractes.
 - 4) **Control del disseny:** Establir els mètodes de control i verificació del disseny.
 - 5) **Control de documents:** Establir procediments per al control dels documents de la ISO per tal que pugui ser aprovada i revisada.
 - 6) **Compres:** Assegurar que totes les compres es fan de conformitat amb els requeriments.
 - 7) **Productes facilitats pels proveïdors:** Establir mètodes de verificació, emmagatzematge i conservació dels productes adquirits als proveïdors.
 - 8) **Identificació i seguiment dels productes:** Establir mètodes d'identificació del producte en totes les seves etapes de la producció.
 - 9) **Control de processos:** Establir els mètodes de planificació, documentació i realització per a dur a terme els processos i establir quines seran les condicions que es controlaran.

- 10) **Inspecció i proves:** Aquest apartat inclourà detalladament totes les inspeccions i provés que siguin necessàries.
- 11) **Control d'aparells d'inspecció, mesura i assaig:** Els aparells necessaris per a dur la inspecció també han de ser objecte de control, calibració i manteniment regular i en aquest apartat s'ha de detallar com es duu a terme aquest control.
- 12) **Identificació i segregació de productes conformes i no conformes:** El manual ha de descriure com es duu a terme aquesta identificació i ha d'indicar que només es faran servir els productes acceptats.
- 13) **Control de productes no conformes:** Establir procediments per impedir l'ús accidental del productes no conformes.
- 14) **Accions correctores:** Establir procediments per determinar la causa dels productes no conformes, especificar les accions correctores que eliminin la causa i controlar que aquestes accions s'han implantat i són eficaces.
- 15) **Manipulació, emmagatzematge, embalatge i enviament del producte:** Establir procediments documentats sobre la manipulació, l'emmagatzematge, l'embalatge, la conservació i el lliurament dels productes de manera que s'evitin deterioraments i la qualitat del producte no es vegi afectada.
- 16) **Registres de qualitat:** Establir mètodes d'utilització de documents que serveixin de prova de la realització de determinades activitats i dels resultats obtinguts.
- 17) **Auditories internes de la qualitat:** Establir la programació d'auditories internes que permetin el control de les mesures aplicades, facilitin la valoració de la seva eficàcia i serveixin per comunicar els resultats.
- 18) **Formació:** Establir sistemes de formació del personal en les qüestions de la qualitat. Establir procediments per determinar les necessitats de formació del personal. Caldrà, també establir uns documents (registres) que deixin constància de la formació planificada que ja ha estat completada.
- 19) **Serveis de manteniment i post-venda:** Establir procediments relatius al manteniment i al servei post-venda així com els controls que aquests requereixin.
- 20) **Tècniques estadístiques:** Caldrà establir quins seran els procediments estadístics que es duran a terme per avaluar la capacitat del procés i verificar les característiques del producte.

Cada apartat explicarà de forma breu els sistemes i controls que l'empresa utilitza per aconseguir la qualitat d'acord amb els clients i es referirà als procediments o instruccions de treball que fa servir.

9.4 Manual de procediments i instruccions de treball

Són uns documents que descriuen la forma específica de dur a terme una activitat.

El manual de procediments es fa servir per aquelles activitats que fa l'empresa en les quals s'hi encadenen diverses operacions i intervenen diferents persones i departaments.

Les instruccions de treball es fan servir per descriure una operació concreta, normalment associada a un lloc de treball. Un índex tipus d'un procediment o d'una instrucció de treball pot ser el següent:

- **Objectiu i àmbit d'aplicació:** En aquest apartat s'especificarà els departaments de l'empresa i els llocs de treball que estan afectats per aquest procediment.
- **Documents de referència:** Es detallarà quines són les normes que cal complir, les especificacions que s'ha de seguir i els altres procediments que estan relacionats amb ell.
- **Definicions específiques:** S'incorporarà en aquí la terminologia, abreviatures i símbols que s'utilitzaran en aquest procediment.
- **Descripció de l'activitat:** Aquest apartat ha de donar resposta.
 - Que s'ha de fer?
 - Qui ho ha de fer?
 - Com ho ha de fer?
 - On ho ha de fer?
 - També es detallarà els registres que s'utilitzaran
- **Annexos:** Incorporaran tota la informació que ajudi a entendre el procediment (diagrama de flux, registres, plànols)

En el manual de procediments es convenient d'incloure els diagrames de flux que expliquin de manera gràfica les diferents operacions.

9.5 Registres

Els registres són els documents que proporcionen proves que una determinada activitat s'ha realitzat i de quins han estat els resultats obtinguts. Els registres més habituals són:

- Comunicat diari de producció
- Comunicat d'expedicions
- Comunicats de laboratori
- Albarà d'entrada de magatzem
- Albarà de sortida de magatzem
- Comandes de compra
- Comandes de venda
- Resultat de controls o d'assaigs

Els registres faciliten la millora dels mètodes de treball. Cal tenir present que el fet de disposar per escrit de la forma de realitzar una determinada activitat facilita el seu anàlisi i permet detectar els errors.

Per fer una auditoria de sistemes de qualitat es fan servir els registres per a comprovar que es compleixen els procediments i instruccions de treball. Així doncs, els registres permeten la comprovació que en la realitat es duen a terme totes les funcions i tasques descrites en els procediments i instruccions.

Crèdit núm. 10: Gestió de la qualitat en el disseny

10 Assaigs de materials.....	106
10.1 Classificació dels assaigs de materials	
10.2 Assaig de característiques: anàlisi tèrmic	
10.3 Assaig de propietats mecàniques (assaigs destructius)	
10.4 Assaig de defectes (assaigs no destructius)	
11.- Metrologia.....	133
11.1.- Metrotècnia	
11.2.-Eines de verificació i comprovació	
11.3.- Patrons de mesura	
11.4.- Patrons de longitud	
11.5.- Patrons d'angle	
11.6.- Mesures de comprovació de longituds	
11.7.- Mesura i comprovació d'angles.	
11.8.- Exercicis	
12. Control metrològic.....	149
12.1 Conceptes fonamentals	
12.2 Calibració i patrons	
12.3 Expressió del biaix i de la imprecisió	
12.4 El pla de control metrològic	

10. ASSAIGS DE MATERIALS

Els assaigs de materials són uns procediments normalitzats que tenen com a objectiu conèixer i comprovar les característiques i propietats dels materials. En la qualitat, els assaigs es fan servir per detectar defectes en les peces fabricades i d'aquesta manera descartar les que són defectuoses, i per introduir millores en el procés de fabricació per tal d'evitar que es tornin a produir.

10.1 Classificació dels assaigs de materials: Els assaigs de materials es poden classificar en quatre grans grups:

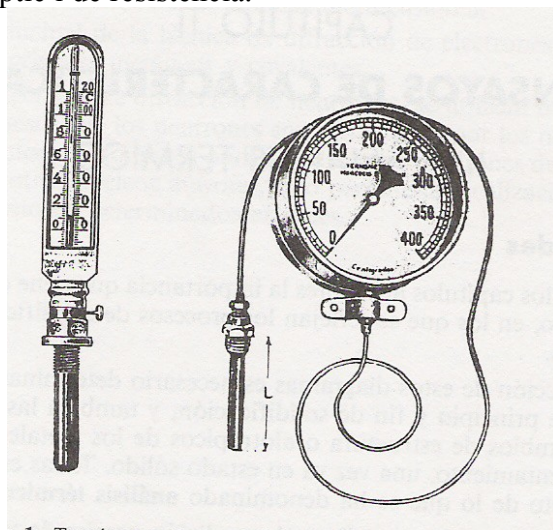
- **Assaigs de característiques:** Són aquells que tenen per objecte determinar les característiques dels metalls, la seva composició, l'estructura del material, les temperatures de canvi de fase, els punts crítics i la seva constitució. Es tracta dels assaigs:
 - **De composició**
 - **De estructura:** cristal·lina, microgràfica (grà), macrogràfica (fibra).
 - **Tèrmic:** temperatura de fusió i solidificació, punts crítics.
 - **De constitució.**
- **Assaigs de propietats mecàniques:** Són els que ens permeten determinar les principals propietats mecàniques del material (elasticitat, duresa, plasticitat...). Aquests assaigs poden ser de dos tipus estàtics i dinàmics segons que les propietats es refereixin al comportament estàtic o en moviment. Aquests assaigs es coneixen també com **assaigs destructius**. Són els següents:
 - **Estàtics:** duresa, tracció en fred i el calent, fluència, compressió, flexió estàtica, torsió.
 - **Dinàmics:** resistència al xoc, desgast, fatiga.
- **Assaigs tecnològics o de conformació:** Serveixen per comprovar les aptituds dels materials en ser sotmesos a un procés de fabricació (forja, soldadura, estampat...). Es tracta de:
 - Doblat, embotició, forja, tall, mandrinada.
- **Assaigs de defectes:** Són aquells que es fan sobre peces útils de les quals es vol comprovar que estan en bon estat. Per això han de ser assaigs que no destrueixin la peça ni tan sols li deixin rastre de la prova a la que ha estat sotmesa. Per això se'ls denomina **assaigs no destructius**. Són els següents:
 - Magnètics, magneticoacústics, electromagnètics.
 - Sònics, ultrasònics.
 - Macroscòpics
 - Per raigs X i per raigs gamma.
- **Assaigs virtuals:** Són assaigs que se solen fer quan les peces encara no estan construïdes. No són assaigs reals sinó que són simulats mitjançant programes d'ordinador i que pretenen determinar el comportament de la peça quan se la sotmet a unes determinades condicions. La tècnica que es fa servir es coneix com Anàlisi per Elements Finites (FEA).

10.2 ASSAIGS DE CARACTERÍSTIQUES: ANÀLISI TÈRMICA

Anàlisi tèrmica: Té per objecte la construcció de diagrames d'equilibri on quedi reflectit el canvi de fase. Aquest anàlisi es realitza mitjançant la mesura de la temperatura amb termòmetres o piròmetres i amb aparells de mesura apropiats per a determinar els punts crítics, és a dir els punts on té lloc el canvi de fase.

Mesura de temperatures

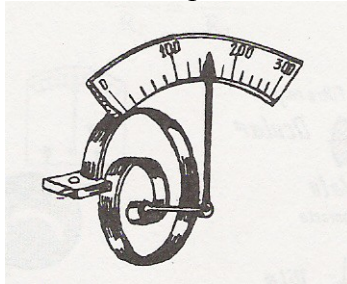
La mesura de les temperatures es basa en el registre de la dilatació de determinats metalls. Els aparells emprats són els termòmetres que fan servir la dilatació del mercuri o de l'alcohol. L'alcohol és més apropiat per a temperatures baixes ja que no solidifica fins a -90°C , mentre que el mercuri ho fa a -38°C . Per a temperatures superiors a 300°C (el mercuri bull a 360°C) es fan servir els piròmetres que poden ser de tres tipus: de parell termoelèctric, òptic i de resistència.



Termòmetres de mercuri

Termòmetre de làmines bimetàl·liques

Els termòmetres industrials que fan servir mercuri són del tipus de làmines bimetàl·liques. El mercuri està tancat en un dipòsit i per determinar la mesura es fa servir un aparell similar a un manòmetre que mesura l'augment de la pressió del mercuri al dilatar-se. El mecanisme consisteix en una làmina formada per dos metalls (invar i llautó) enrotllada en forma d'espiral de manera que a la part interior hi hagi el metall que tingui el coeficient de dilatació més gran. Així, quan la làmina s'escalfa, l'espiral tendeix a desenrotllar-se de forma que una agulla marqui a sobre d'una escala la temperatura. Amb aquests termòmetres es pot mesurar fins a 500°C .



Termòmetre de làmines bimetàl·liques

Piròmetres termoelectrics

Aquest aparells es basen en la mesura de l'electricitat creada en escalfar la unió soldada de dos metalls de diferent composició. És el que s'anomena termoparell. Tot piròmetre termoelectric es compon d'un termoparell que està unit per dos fils a un minivoltímetre. El termoparell permet mesurar fins a 1400°C i proporciona una variació de tensió de 55 milivolts. Està protegit per una coberta de quars o de porcellana per evitar la corrosió i per una funda protectora metàl·lica per tal que resisteixi les altes temperatures.

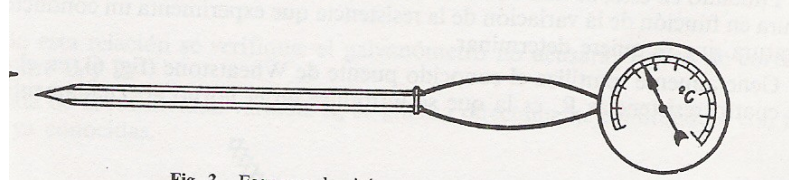


Fig. 2.—Esquema d'un piròmetre termoelectric

Piròmetres òptics

Són aparells que mesuren la temperatura comparant la intensitat lluminosa emesa per un cos calent amb la intensitat que emet un filament d'una làmpada la intensitat lumínica de la qual es regula variant el voltatge de la corrent que l'alimenta.

El piròmetre òptic consta d'una ullera per la qual s'observa el cos calent. A l'interior d'aquesta ullera i en la trajectòria dels raigs lluminosos observats es troba la làmpada que està connectada a la font d'energia a través d'una resistència. Per la ullera s'observa el cos calent i es regula la intensitat de la corrent de la làmpada fins que desapareix de la imatge el seu filament sobre el fons del cos calent. Això indica que té el mateix color. Aleshores es llegeix la temperatura en el milivoltímetre que ha estat degudament graduat.

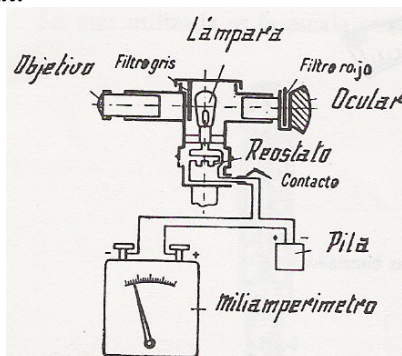


Fig. 4.—Esquema de piròmetre òptic.

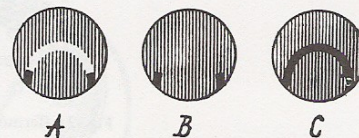


Fig. 5.—Imágenes observadas con el piròmetre òptic: A), la temperatura del horno es inferior a la del filamento; B), las temperaturas son iguales; C), la temperatura del horno es superior a la del filamento de la lámpara.

Determinació de punts crítics

Els punts crítics són temperatures on es produeixen les transformacions d'estat dels metalls i dels aliatges. Es determinen principalment per dos mètodes:

- El mètode dilatomètric
- L'anàlisi tèrmica.

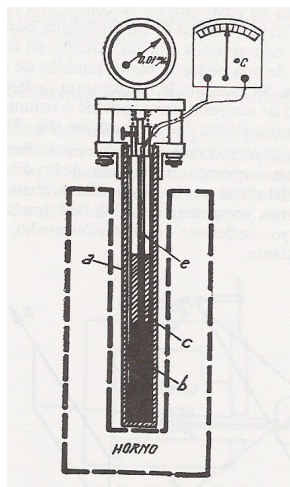
El mètode dilatomètric

Estudia la variació de volum que experimenta una proveta de metall en escalfar-se o en refredar-se. Si en algun d'aquests processos la proveta passa per un punt crític el coeficient de dilatació varia i això és el que determina el dilatòmetre.

Dilatòmetre amb indicador de quadrant

És l'aparell més senzill que permet determinar els punts crítics. Consta d'un tub de quars a l'interior del qual es col·loca la proveta la qual està en contacte amb un

piròmetre per saber en tot moment la seva temperatura. La proveta, per un extrem toca el fons de la funda de quars i per l'altre amb una petita barra de quars que permet determinar les variacions i comparar-les amb les dades que té incorporades un comparador.



Dilatòmetre amb indicador de quadrant.

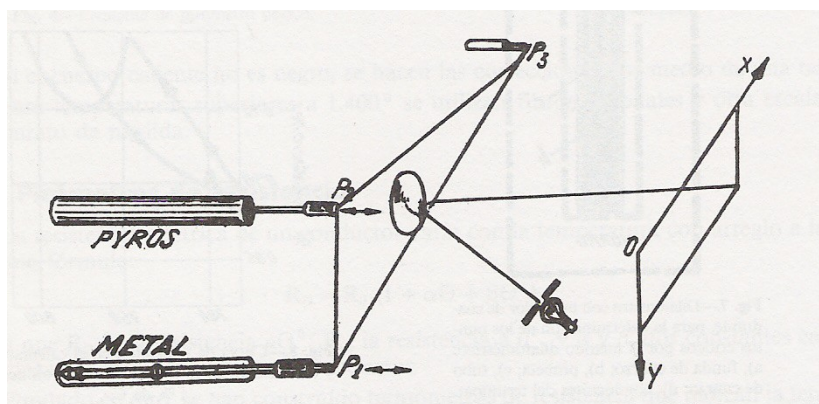
a) funda de quars, b) proveta,
c) tub de quars, e) termoparell.

Dilatòmetre diferencial de Chevenard

Aquest dilatòmetre és el que es fa servir habitualment. Es compon d'un aparell que permet registrar les diferències de dilatació entre la proveta patró i la del metall que s'assaja. La proveta patró és d'un aliatge de níquel denominada pyros el qual té un coeficient de dilatació sensiblement constant.

Les variacions de la dilatació es registren mitjançant una agulla si el registre es fa sobre una cinta de paper o mitjançant un mirall si el dilatòmetre té un registre fotogràfic. Tant l'agulla com en el seu cas el mirall estan recolzats en tres punts, un de fix P_3 , un altre en contacte amb la proveta de pyros P_2 , i el tercer en la proveta que s'assaja P_1 . Aquests tres punts són els vèrtexs d'un triangle rectangle l'angle recte del qual correspon amb el punt de contacte amb la proveta de patró P_2 .

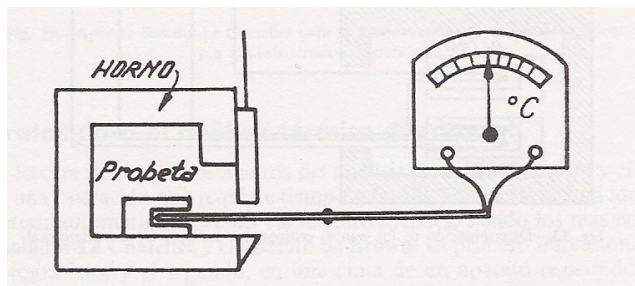
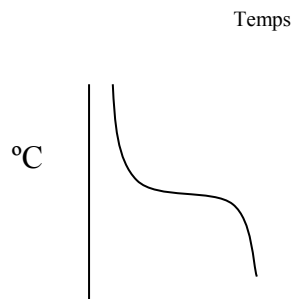
Aquest dilatòmetre està regulat de manera que si s'escalfen o es refreden les dues provetes l'agulla o el mirall donen una línia horitzontal però en el moment que la proveta travessa un punt crític, aleshores, l'agulla o el mirall es desplacen cap avall o cap amunt.



Esquema del dilatòmetre de Chevenard amb registre fotogràfic.

Determinació dels punts crítics per anàlisi tèrmica

Aquest mètode consisteix a registrar les variacions de temperatura que experimenta una substància quan es calenta o es refreda. Quan hi ha un canvi de constitució, o sigui, quan es travessa un punt crític, es produeix un desprendiment de calor si es refreda, i una absorció de calor si es calenta. Això es tradueix en una anomalia a la corba de les temperatures i el temps. Es a dir si es tracta d'un canvi de fase aleshores durant uns temps la temperatura resta constant ja que el calor s'inverteix en el calor latent de vaporització.

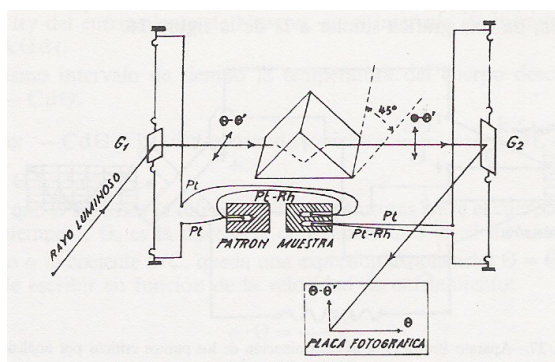


Determinació dels punts crítics per anàlisi tèrmica

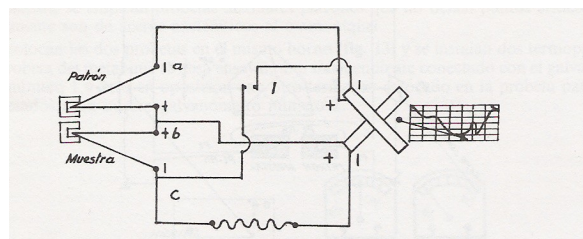
Aparells per a l'anàlisi tèrmica

Es tracta d'uns aparells que registren de manera automàtica les corbes abans esmentades. Els més utilitzats són:

- L'aparell de Saladin-Le Chatelier: que es basa en la impressió d'unes plaques fotogràfiques mitjançant un raig de llum
- L'aparell de Brown: que es basa en un mecanisme per a registrar per punts la corba de temperatures.



Esquema de l'aparell Saladin-Le Chatelier



Esquema de l'aparell de Brown

10.3 ASSAIGS DE PROPIETATS MECÀNIQUES (ASSAIGS DESTRUCTIUS)

Assaig de duresa

La duresa es defineix com la resistència que ofereix un metall a ser ratllat o ser penetrat per un altre.

Els primers procediments que es van utilitzar per determinar la duresa consistien en determinar la resistència d'un cos a ser ratllat per un altre. Frederick Mohs (1822) va establir la primera escala de duresa formada per 10 minerals que tenen la propietat de ser ratllats pels següents i no pels anteriors.

Escala de duresa de Mohs

1	Talc	Silicat de magnesi
2	Guix	Sulfat de calç hidratat
3	Calcita	Carbonat càlcic anhidrid
4	Fluorita	Fluorur de calci
5	Apatita	Fosfat i fluorur de calci
6	Ortosa	Silicat d'alúmina i potassi
7	Quars	Anhidrid de silici
8	Topazi	Fluorsilicat alumínic
9	Corindó	Òxid d'alúmina
10	Diamant	Carbó pur cristal·litzat

Així, per determinar la duresa es va provant de ratllar el material en qüestió amb cada un dels components d'aquesta escala començant pel més dur que és el diamant. D'aquesta manera s'arribarà a punt en què el material sigui ratllat per un i no ho sigui pel següent aleshores direm que la seva duresa està entre mig dels dos components de l'escala. Si en canvi resulta que el material ni ratlla ni es deixa ratllar per un dels components podrem afirmar que tots dos tenen la mateixa duresa.

Tanmateix el primer que va inventar un aparell per a determinar la duresa va ser Martens. L'aparell denominat escleròmetre mesurava l'amplada de la ratlla que es produïa en el material assajat quan era ratllat per una punxa de diamant de forma piramidal de 90° d'angle.

Per calcular la duresa es determinava l'amplada de la ratlla a en micres (μ m) i després es calculava la duresa Δ_M

$$\Delta_M = \frac{10.000}{a^2}$$

Una variant del l'assaig Martens és l'assaig Tunner que consisteix a determinar els grams necessaris d'un material per aconseguir que el diamant produeixi una ratlla de 0,01 mm (10 micres).

Una altra manera senzilla de determinar la duresa de l'acer és mitjançant una llima nova. Si la llima no entra la duresa de l'acer serà superior a 60HRc (60 Rockwell-C), i si la llima entra aleshores direm que la duresa és inferior a 58 HRc (50 Rockwell-C).

ACTIVITATS:

1. Tenim un material que l'hem sotmès a l'assaig de Mohs i hem detectat que es pot ratllar amb el quars i que ell ratlla l'ortosa. Quina duresa podrem dir que té?
2. En l'assaig Martens hem determinat que l'amplada de la ratlla obtinguda sobre un material és de $a = 23,12 \mu m$. Quina serà la seva duresa?
3. Amb l'escala de Mohs hem tractat de determinar la duresa d'un material i hem comprovat que quan arribem a la calcita ni es deixa ratllar ni la ratlla. Quina duresa direm que té?

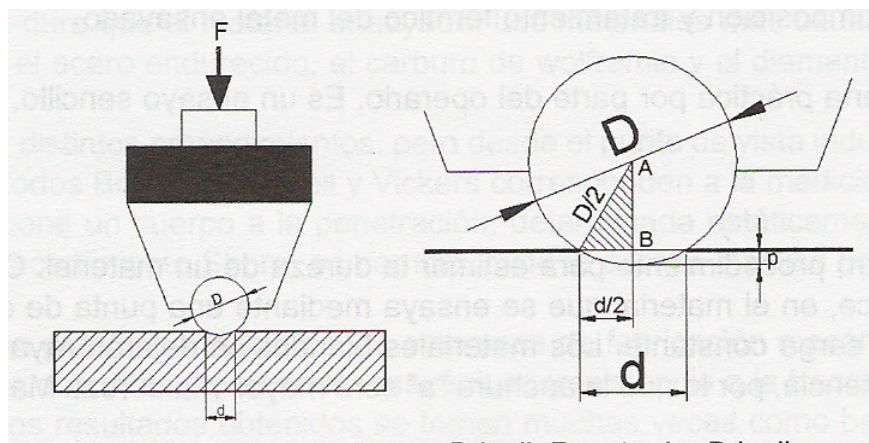
Mètodes de Brinell, de Rockwell, de Vickers i de Knoop

Tots els mètodes que hem comentat abans mesuren la duresa per la resistència del material a ser ratllat, en canvi, actualment els mètodes més utilitzats mesuren la duresa per la resistència del material a la penetració. Els quatre més importants són els de Brinell, de Rockwell, de Vickers i de Knoop.

Mètode de Brinell

L'Enginyer suec Brinell el 1900 va inventar un mètode que consistia en comprimir una bola d'acer temperat, de diàmetre determinat, exercint una càrrega determinada durant un temps també determinat sobre el material a assajar. Aquesta bola produirà sobre el material una superfície de penetració que serà la que permetrà determinar la seva duresa.

Per a realitzar el càlcul es mesura el diàmetre de l'empremta que deixa el penetrador i a partir d'aquí s'aplica la fórmula que permet determinar HB.



Assaig de duresa amb el penetrador Brinell

La duresa Brinell (HB) és el pes en (kg) dividida per la superfície en mm^2 .

$$HB = \frac{P(kg)}{S(mm^2)}$$

El pes es proporcional al quadrat del diàmetre de la bola (D) on el coeficient de proporcionalitat (K) depèn del material en que està feta.

$$P = K \cdot D^2$$

Els valors de K oscil·len entre 30 per a boles d'acer i 5 per a boles de llautó o bronze. Per determinar la superfície de penetració cal tenir en compte que serà un casquet esfèric i que aquest té una superfície:

$$S = \pi \cdot D \cdot p$$

En la figura anterior es pot determinar p si apliquem el teorema de pitàgores al triangle ratllat

$$p = \left(\frac{D}{2} - AB \right) = \left(\frac{D}{2} - \sqrt{\left(\frac{D}{2} \right)^2 - \left(\frac{d}{2} \right)^2} \right) = \frac{1}{2} \left(D - \sqrt{D^2 - d^2} \right)$$

D'aquesta forma obtindriem l'expressió que ens permetria determinar la duresa Brinell.

$$HB = \frac{K \cdot D^2}{\frac{\pi \cdot D}{2} \left(D - \sqrt{D^2 - d^2} \right)}$$

La duresa brinell es designa amb XXX HB(D,F,T). On les dos o tres primeres xifres indiquen el grau de duresa en kg/mm², que és el resultat obtingut amb la fórmula anterior, i les tres xifres entre parèntesi fan referència al diàmetre de la bola emprada, a la càrrega aplicada i al temps d'aplicació. Així 254HB (10/3000/30) representa que el grau de duresa és de 254 kg/mm² i que s'ha aconseguit amb una bola de 10 mm de diàmetre a la que se li ha aplicat uns 3000 kg durant 30 segons.

ACTIVITATS

1. Determina la duresa Brinell d'un material que ha estat assajat amb un penetrador de 5mm de diàmetre. Si saps que la constant d'assaig és de 1,25 i que el diàmetre de l'empremta és de d= 1,56 mm.
2. Que vol dir que la duresa Brinell d'un material és 324HB(5/859/20)?
3. Determina la duresa Brinell d'un material que ha estat assajat amb un penetrador de 10mm de diàmetre. Si saps que la constant d'assaig és de 31,2 i que el diàmetre de l'empremta és de d= 0,96 mm.
4. Que vol dir que la duresa Brinell d'un material és 210HB(10/750/20)?

Diàmetre de les boles i pressions utilitzades a l'assaig Brinell

Espessor de la proveta	Diàmetre de la bola	Constants d'assaig K				
		30	10	5	2,5	1,25
		Càrregues en kg				
		30 D ²	10 D ²	5 D ²	2,5 D ²	1,25 D ²
> 6 mm	10	3000	1000	500	250	125
de 6 mm a 3 mm	5	750	250	125	62,5	31,2
> 3 mm	2,5	187,5	62,5	31,2	15,6	7,8
	1,25	46,9	15,6	7,81	3,91	1,99
	0,625	11,7	3,91	1,953	0,977	0,488

Materials	Temps	K
-----------	-------	---

Ferros i acers	10 a 30 s	30
Coure, bronze i llautó	30s	10
Aliatges lleugers	60 a 120 s	5
Estany i plom	120 s	2,5
Materials molt tous	120 s	1,25
		0,5

Valors orientatius de la duresa Brinell de determinats materials

Materials	HB
Acer temperat d'eines	500
Acer dur(0,80% C)	210
Acer dolç (0,10% C)	110
Bronze	100
Llautó	50
Alumini	25 a 30

Mètode Rockwell

El mètode per determinar la duresa ideat per Brinell no va resultar gaire útil per acers temperats ja que encara que es fessin servir boles de carbur de wolframi aquestes patien deformacions. Per això el professor Ludwig va idear un nou mètode que consistia a determinar la duresa no en funció de la superfície de l'empremta sinó en funció de la profunditat. Els penetradors que es va fer servir podien ser de dos tipus:

- **Penetrador de Brale:** que és un diamant en forma cònica de 120° amb una punta arrodonida de 0,2 mm de diàmetre.
- **Penetrador d'escala B:** que són unes boles de $\frac{1}{16}$ de polzada d'acer dur.

La forma de realitzar aquest assaig consisteix en tres etapes:

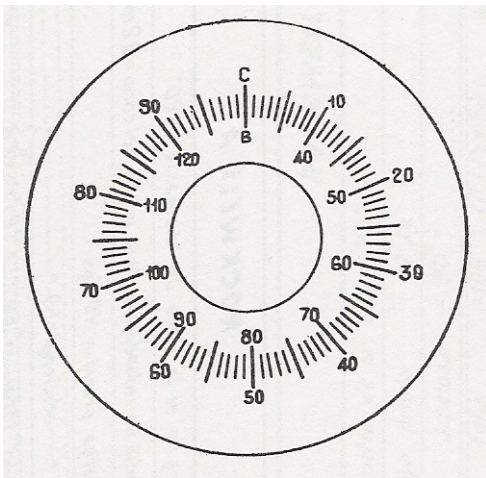
- 1) La proveta es col·loca a la part superior d'un cargol elevador sense aplicar cap càrrega.
- 2) S'eleva el cargol fins que la proveta entra en contacte amb el penetrador i es continua pujant el cargol lentament fins que indiqui que s'està aplicant una càrrega de 10 kg.
- 3) S'aplica la càrrega màxima durant un temps. Així doncs si s'aplica una càrrega fins a de 100 kg durant 5 segons caldrà afegir 90 kg als 10 que ja li havíem aplicat.

Després de fer això es treu la càrrega addicional, que en l'exemple anterior era de 90 kg, i la duresa s'obté al determinar la profunditat a que ha quedat el penetrador.

El mesurador Rockwell ja porta una escala que dona la duresa en funció de la profunditat de penetració per això no cal fer cap tipus d'operació. Els valors llegits a l'escala s'expressen així XXHRc. Les dues primeres xifres corresponen als valors que hem llegit en l'aparell. A continuació es posen les inicials HR per indicar que es tracta de la duresa Rockwell i després una lletra minúscula per indicar el tipus d'assaig o escala que s'ha fet. Hi ha 21 tipus d'escales que depenen del tipus del cos penetrant i de la càrrega màxima emprada.

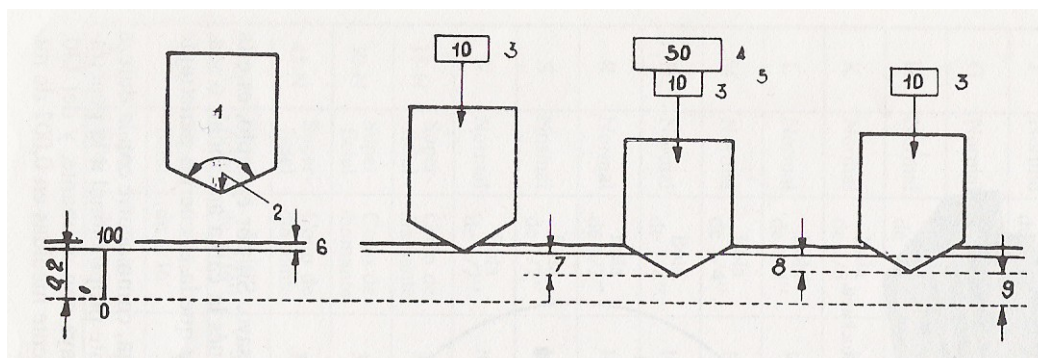


Màquina per determinar la duresa Rockwell



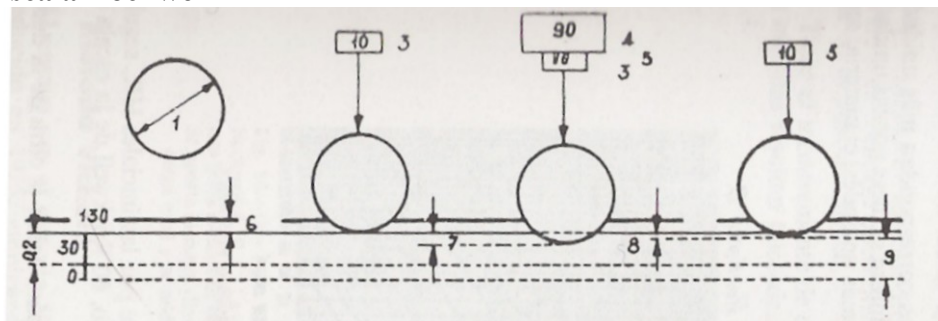
Escales Rockwell B i C

Escales Rockwell A, B i C



Núm.		Rockwell A	Rockwell C
1		Angle de la punta = 120°	Angle de la punta = 120°
2		Radi arrodonit 0,2 mm	Radi arrodonit 0,2 mm
3	P ₀	Càrrega prèvia 10 kg	Càrrega prèvia 10 kg
4	P ₁	Càrrega addicional 50 kg	Càrrega addicional 140 kg
5	P	Càrrega total 60 kg	Càrrega total 150 kg
6		Penetració amb càrrega prèvia	Penetració amb càrrega prèvia (punt de partida de la mesura)
7		Penetració total amb càrrega addicional	Penetració total amb càrrega addicional
8	e	Penetració permanent després de treure la càrrega addicional	Penetració permanent després de treure la càrrega addicional
9	HRa HRc	Duresa Rockwell A = 100-e	Duresa Rockwell C = 100-e

Escala Rockwell B



Núm		Rockwell B
1	D	Diàmetre de la bola 1/16 "
3	P ₀	Càrrega prèvia 10 kg
4	P ₁	Càrrega addicional 90 kg
5	P	Càrrega total 100
6		Penetració amb càrrega prèvia (punt de partida de la mesura)
7		Penetració total amb la càrrega addicional
8	e	Penetració permanent després de quitar la càrrega addicional
9	HRb	Duresa Rockwell B= 130-e

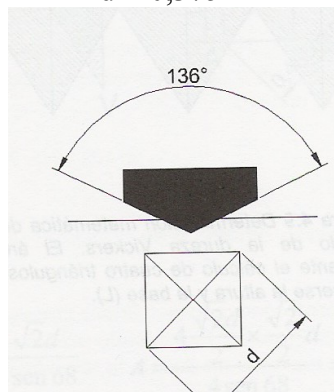
Conversió de duresa Rockwell escala B a duresa Brinell

$$HB = \frac{7300}{130 - HRb}$$

Mètode Vickers

El mètode Vickers va començar a utilitzar-se a partir de 1925 i es tracta d'una variant del mètode Brinell que s'aplica a peces primes i temperades amb espessors mínims no superiors a 0,2 mm. Se sol utilitzar molt en els laboratoris i es basa en la utilització d'un penetrador de diamant de forma de piràmide de base quadrada les cares oposades de la qual fan angles de 136°. Aquest angle va ser escollit per tal d'aconseguir que la bola Brinell quedés circumscripita als extrems de l'empremta de manera que el diàmetre d'aquesta sigui 0,375 el diàmetre de la bola.

$$d = 0,375 D$$



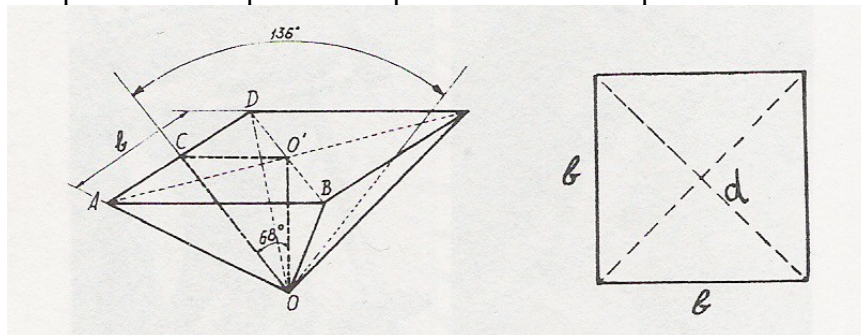
Penetrador Vickers

El nombre de duresa Vickers s'expressa en la mateixa escala que la Brinell per a dureses inferiors a 300 Brinells o Vickers. Tanmateix, per a valors superiors les dues escales divergeixen ja que la bola Brinell es deforma. L'assaig Vickers no s'aplicarà mai per mesurar dureses superiors a 600.

Les màquines per determinar la duresa Vickers permeten l'aplicació de forces des de pocs grams fins a 120 kg. Les més habituals són: 1, 2, 3, 5, 10, 20, 30, 50, 100 i 120 kg, tot i que la de 30 kg sol ser la més corrent.

La duresa s'expressa amb dues o tres xifres i amb les lletres HV seguida de dues xifres més, una per la càrrega i l'altra pel temps. Així si la càrrega ha estat de 50 kg i el temps d'aplicació de 20 s es dirà que la duresa Vickers és: 134 HV 50/20.

La determinació de la duresa Vickers es fa mitjançant la mesura de les diagonals de l'empremta. Per mesurar-les es fa servir un microscopi que permeti mesurar mil·lèsimes de mil·límetre muntat sobre un dels braços de la màquina. Aquest microscopi pot desplaçar-se lateralment per a fer-lo coincidir amb l'empremta. Algunes màquines enlloc del microscopi porten un petit projector que permet projectar l'empremta sobre una pantalla. En aquest cas la precisió és inferior però el càlcul és molt més ràpid.



La duresa Vickers es pot obtenir dividint la càrrega aplicada entre l'àrea de l'empremta.

$$HV = \frac{P}{S}$$

La superfície de l'empremta és quatre vegades l'àrea d'una cara del prisma. Així si b és la longitud de la base i OC l'alçada de cada cara tindrem:

$$S = 4 \cdot \frac{b \cdot OC}{2}$$

$$OC = \frac{O'C}{\sin 68^\circ} = \frac{b}{2 \sin 68^\circ}$$

en conseqüència

$$S = 4 \cdot \frac{b}{2} \cdot \frac{b}{2 \sin 68^\circ} = \frac{b^2}{\sin 68^\circ}$$

Ara bé com d és la diagonal de la base del prisma de costats iguals a b , per Pitàgores resulta que $d^2 = b^2 + b^2$ i en conseqüència $b^2 = \frac{d^2}{2}$

De tot això resulta que:

$$S = \frac{d^2}{2 \sin 68^\circ} = \frac{d^2}{1,854}$$

D'aquesta manera s'obté la fórmula final de la duresa Vickers:

$$HV = 1,854 \frac{P}{d^2} \quad (\text{kg/mm}^2)$$

Una altra manera de determinar la duresa és a partir de la profunditat de l'empremta OO' en funció de la diagonal.

$$OO' = t = \frac{d}{2\sqrt{2} \tan 68^\circ} \approx \frac{d}{7}$$

Així resulta que

$$HV = 1,854 \frac{P}{d^2} = 1,854 \frac{P}{7^2 t^2} = \frac{P}{26,429 \cdot t^2} \quad (\text{kg/mm}^2)$$

ACTIVITATS

1. Hem dut a terme un assaig Vickers de 50 kg i s'ha obtingut una diagonal de l'empremta de 0,569mm. Determina la duresa de l'empremta.
2. Hem dut a terme un assaig Vickers de 30 kg i s'ha obtingut una profunditat de l'empremta de 0,387 mm. Determina la duresa de l'empremta i la diagonal de l'empremta.
3. Hem dut a terme un assaig Vickers de 100 kg i s'ha obtingut una diagonal de l'empremta de 1,087mm. Determina la duresa de l'empremta i la seva profunditat.
4. Hem dut a terme un assaig Vickers de 50 kg i s'ha obtingut una profunditat de l'empremta de 0,767 mm. Determina la duresa de l'empremta.
5. Si sabem que la duresa d'un material és 223 HV 100/20 quin seria el diàmetre i la profunditat de l'empremta.
6. Si sabem que la duresa d'un material és 154 HV 50/10 quin seria el diàmetre i la profunditat de l'empremta.

Mètode Knoop

El mètode Knoop consisteix en una variant del mètode Vickers en la qual el penetrador és de base cònica en lloc de quadrada. Se sol aplicar a càrregues molt petites entre 0,25g i 3600g. L'empremta cònica que produeix té les diagonals en la relació:

$$\text{diagonal menor/diagonal major} = \frac{d'}{d} = \frac{1}{7}$$

La profunditat t de l'empremta és només 1/30 de la diagonal major d . Així

$$t = \frac{d}{30}$$

Aquests assaig, degut al deteriorament tan petit que fa es pot considerar com un assaig no destructiu. La duresa s'obté amb la fórmula:

$$H_{KNOOP} = \frac{P}{0,07028 \cdot d^2}$$

ACTIVITATS

1. Hem dut a terme un assaig Knoop de 500 g i s'ha obtingut una diagonal de l'empremta de 0,639mm. Determina la duresa de l'empremta.
2. Hem dut a terme un assaig Knoop de 3 kg i s'ha obtingut una profunditat de l'empremta de 0,00857 mm. Determina la duresa de l'empremta i la diagonal de l'empremta.

Assaig de tracció

La tracció és l'acció d'estirar un determinat objecte des d'un punt fins a un altre. Per això, l'assaig de tracció consisteix a sotmetre una proveta de forma i dimensions normalitzades a un esforç de tracció o estirament en la direcció del seu eix fins que es deformi o es trenqui.

L'assaig de tracció és un dels més emprats en les indústries de fabricació mecànica per tal de determinar les característiques del material amb el que es fabricarà un determinat producte.

Les provetes que s'utilitzen solen ser barres de secció circular constant, les extremitats de les quals presenten una major secció per facilitar la fixació a la màquina. Les provetes tenen dues marques entre les quals es mesura la longitud i d'aquesta manera es pot determinar la deformació.

Fases de l'assaig de tracció

Els assaigs de tracció se solen realitzar amb màquines Universal Amsler o similars. Quan una proveta se sotmet a l'esforç de tracció pateix un allargament. Aleshores denominarem:

- **Tensió unitària** al quocient entre la força aplicada i la secció inicial.

$$\sigma = \frac{P}{S_0}$$

- **Allargament (elongació)** produït respecta a la longitud primitiva al quocient entre l'increment de longitud $L_1 - L_0$ i la longitud inicial L_0 :

$$A = \frac{L_1 - L_0}{L_0} = \frac{\Delta L}{L_0}$$

Aquests dos valors permeten afirmar que mentre el material és elàstic l'allargament és proporcional a la força aplicada. La constant d'aquesta proporcionalitat es pot determinar i es denomina mòdul de Young

- **Mòdul de Young (mòdul d'elasticitat)** es pot calcular amb la fórmula:

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{\frac{P}{S_0}}{\frac{\Delta L}{L_0}}$$

Si se segueix aplicant tensions creixents a la proveta arriba un moment en que els allargaments deixen de ser proporcionals a la càrrega aplicada. Hi ha un punt a partir del qual sembla com si les molècules es desenganxessin i llavors uns increments molt petits de càrrega poden produir allargaments força grans. Aquest punt es coneix com el límit d'elasticitat i a partir d'aquí es passa de la fase elàstica a la fase plàstica. Aleshores designarem:

- **Límit elàstic:** A la tensió que s'aplica a la proveta en el instant en que es passa de la fase elàstica a la fase plàstica.

La fase plàstica presenta algunes variacions de manera que en algun tram l'allargament augmenta ràpidament sense que calgui aplicar cap càrrega addicional mentre que en altre tram torna a ser necessari aplicar càrregues majors. Això dona lloc a dos valors límits més, el límit superior de fluència i el límit inferior de fluència i a un nou període conegut com el d'enfortiment on cal incrementar la càrrega i que condueix al trencament de la proveta. Així, denominarem:

- **Resistència a la ruptura:** A la tensió que cal aplicar perquè una proveta es trenqui. Així si designen per E el límit elàstic i per P la càrrega addicional que cal aplicar perquè es trenqui aleshores:

$$R = E + P$$

- **Estricció:** és la disminució de la secció en la fractura de la proveta trencada per allargament. S'expressa en tant per cent de la secció inicial de manera que si S_0 és la secció inicial i S_1 és la secció de trencament aleshores l'esticció serà:

$$\epsilon = \frac{S_0 - S_1}{S_0} \times 100$$

Aquesta fórmula es pot transformar de manera que sols calgui determinar els dos diàmetres de les seccions.

$$\epsilon = \frac{S_0 - S_1}{S_0} \times 100 = \frac{\frac{\pi}{4} D_0^2 - \frac{\pi}{4} D_1^2}{\frac{\pi}{4} D_0^2} \times 100 = \frac{D_0^2 - D_1^2}{D_0^2} \times 100$$

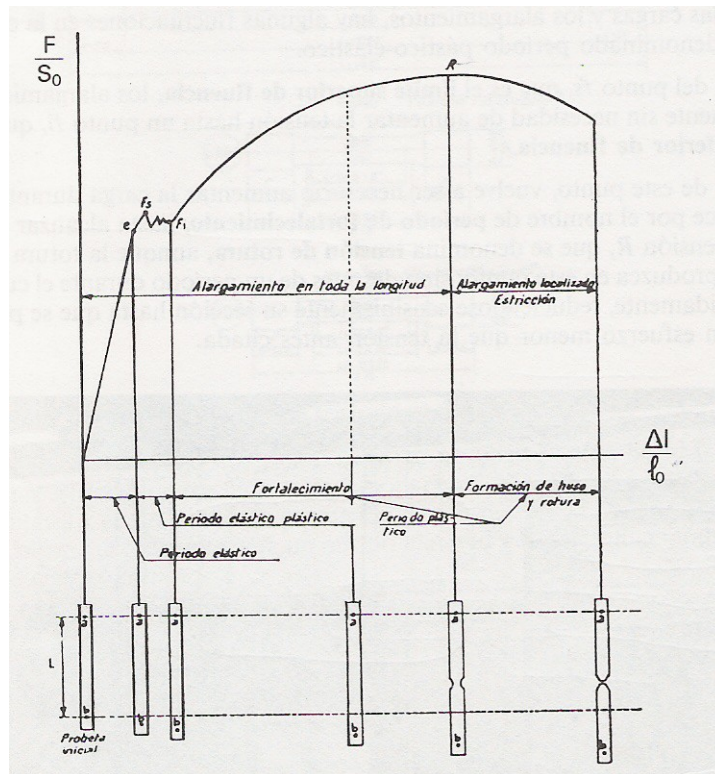


Diagrama de tensions i deformacions en un assaig de tracció d'una proveta d'acer

ACTIVITATS

1.- Una proveta de secció 150 mm^2 i de longitud entre punts de 100 mm és sotmesa a un esforç de tracció lent i progressiu que li produeix una deformació elàstica de $0,1 \text{ mm}$ quan l'esforç de tracció total és de 3.000 kg . Determina la tensió unitària, l'allargament i el mòdul de Young.

2.- Una barra de 13 mm de diàmetre d'un aliatge d'alumini se li fa un assaig de tracció estirant-la fins a la ruptura. Si el diàmetre final de la barra en la secció de fractura és de $10,8 \text{ mm}$, determina quina ha estat l'estricció en percentatge.

3.- Una proveta d'acer de diàmetre $D_0 = 13,8 \text{ mm}$ i de 100 mm de longitud L_0 entre punts ha estat sotmesa a una càrrega de 70.000 N i amb una càrrega màxima de 145.400 N . El diàmetre en el lloc de la ruptura és de $D_1 = 10,2 \text{ mm}$ i la distància entre els punts és de 115 mm al final de l'assaig. Determina:

- La tensió unitària inicial
- La tensió màxima
- L'elongació
- L'estricció soferta per la proveta.

4.- S'ha realitzat un assaig de tracció amb una proveta d'alumini de $D_0 = 13,8 \text{ mm}$ i de longitud inicial entre punts $L_0 = 100$. Els resultats obtinguts són els següents

Força (kN)	5	7,5	10	12,5	15	17,5	20
Longitud ($\mu \text{ mm}$)	41	62	83	103	126	148	169

Calcula el mòdul de Young o mòdul elàstic.

5.- Una proveta d'acer de diàmetre inicial $D_0 = 10,7$ mm i de longitud inicial entre punts de $L_0 = 55$ mm se la sotmès a un assaig de tracció. Les dades obtingudes són recollides a la taula següent

Força kN	4,45	13,35	22,25	26,7	28,7	30,26	30,7	31,15	33,80	40,95	44,5	49,8	51,8	52,5	47,5
Longitud mm	0,05	0,105	0,15	0,2	0,22	0,24	0,3	0,426	0,81	2,16	2,92	4,1	5	5,88	R

Determina:

- La representació d'aquesta valors en un gràfic.
- La tensió màxima i la tensió en el moment de la ruptura. Assenyala en el gràfic els punts que corresponen a aquests valors.
- Determina el mòdul de Young

Assaig de compressió

La compressió és l'acció d'exercir una pressió sobre un cos amb la intenció de reduir el seu volum. L'assaig de compressió es pretén determinar el comportament d'un material que ha estat sotmès a una compressió progressiva i creixent fins a aconseguir la seva ruptura o aixafament. Se sol aplicar a materials fràgils i a tots els materials que hauran d'estar sotmesos a esforços de compressió.

La **resistència a la compressió** es calcula amb la fórmula següent:

$$\sigma = - \frac{F}{S_0}$$

També se sol determinar:

- Contracció total de la proveta**

$$\Delta S = S_f - S_0$$

- Contracció total unitària**

$$\Delta S_{\%} = \frac{S_f - S_0}{S_0} \times 100$$

El diagrama de compressió és molt semblant al de tracció i amb ell es poden obtenir dades semblants a l'assaig de tracció però de signe contrari. Els materials elàstics no hi ha una càrrega per ruptura ja que no es trenquen sinó que s'aixafen sense trencar-se.

Assaig de fluència

Es conegut que alguns materials es deformen espontàniament per l'acció del seu propi pes. Es el cas, per exemple, del quitrà. També alguns metalls de baix punt de fusió com el plom també es deformen lentament al llarg del temps per la sola acció del seu propi pes. Això ho saben bé els lampistes que instal·laven canonades de plom sospeses de les planxes de les teulades.

Avui se sap que tots els metalls es deformen més o menys lentament si se'ls aplica càrregues petites i inferiors al seu límit elàstic. Aquesta deformació lenta s'anomena fluència (*Creeping* en anglès) i varia amb la càrrega aplicada i amb la temperatura.

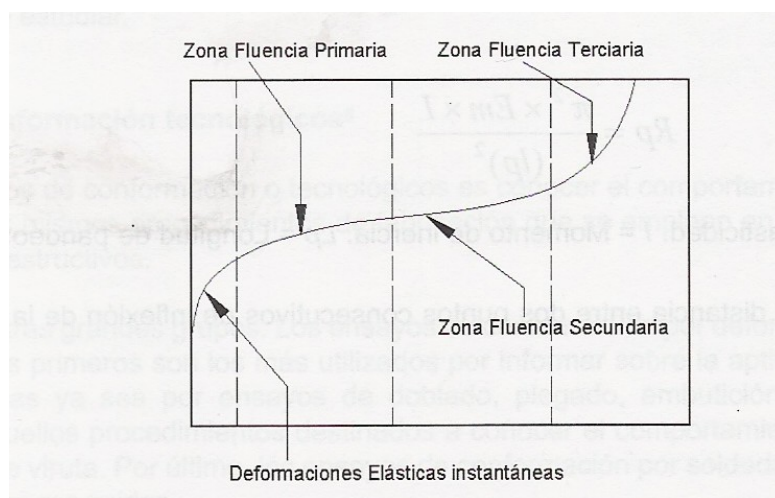
Els metalls menys sensibles a la fluència són aquells que tenen un punt de fusió elevat. Així doncs els podem classificar en tres grups:

- **Metalls que pràcticament no tenen fluència excepte a temperatures elevades (majors de 350°C):** Són tots aquells que tenen un punt de fusió major que 1200°C
- **Metalls que no tenen pràcticament fluència a temperatura ambient:** Es tracta dels metalls que fonen entre 600 i 1200°C com l'alumini o el coure.
- **Metalls que tenen fluència a temperatura ambient:** Són els metalls que fonen a menys de 350°C com el zinc, l'estany i el plom.

Desenvolupament de la fluència

Si sotmetem un metall a una càrrega constant i analitzen la seva evolució al llarg del temps obtindrem una corba en la que es poden distingir quatre fases:

- **Zona de deformació elàstica instantània:** El material comença a adquirir una deformació instantània.
- **Zona de fluència primària:** A continuació les deformacions decreixen en funció del temps.
- **Zona de fluència secundària:** Les deformacions es mantenen proporcionals al temps. Quan més inclinada és aquesta part de la gràfica major és la fluència del material
- **Zona de fluència terciària:** Les deformacions creixen ràpidament fins a la ruptura.

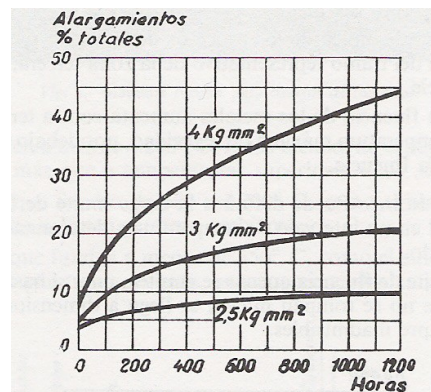


Límit de fluència és la càrrega que pot resistir un metall en un interval de temperatures determinat i en un temps indefinit sense trencar-se. Aquest valor es fa servir en enginyeria quan es vol dissenyar i fabricar una peça que ha de suportar un esforç constants i unes variacions de temperatures determinades. En aquests casos es duen a terme estudis de fluència mitjançant la simulació per ordinador.

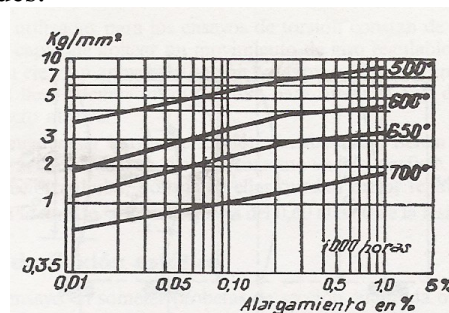
Desenvolupament de l'assaig de fluència

Les màquines per a fer els assaigs de fluència són similars a les que es fan servir per a l'assaig de tracció. S'utilitza una proveta de forma especial que es col·loca a l'interior d'un forn elèctric que manté la temperatura constant durant les hores (entre 1000 i 10.000 hores) que dura l'assaig. Normalment el ventall de temperatures va des de 500° a 1000° C.

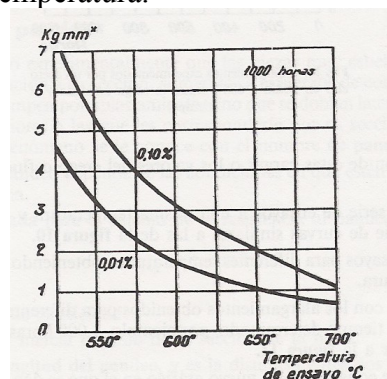
El procés es fa de la manera següent: Primer es realitza un conjunt d'assaigs per diferents càrregues una mateixa temperatura. Amb aquest valor es representen una sèrie de corbes que recullen els allargaments respecte a les hores d'aplicació de determinades càrregues.



Després es repeteixen els mateixos assaigs per a diferents temperatures cosa que permet elaborar famílies de corbes per a cada temperatura. A partir d'aquestes dades s'elabora unes gràfiques que per a cada temperatura proporcionen el % d'allargament segons les diferents càrregues aplicades.



El darrer pas consisteix a elaborar una darrera gràfica en la qual es proporcionen les càrregues màximes que produeixen, després d'un temps donat, una determinada deformació en funció de la temperatura.



Aquesta darrera és la gràfica que interessa ja que ens dona els valors de les fluència que són els de la càrrega màxima que pot suportar un material que, sotmès a una temperatura determinada 600°, 700°C, arribi a produir durant 1000, 10000 hores un allargament de 0,01, 0,1%.

Assaig de vinclament

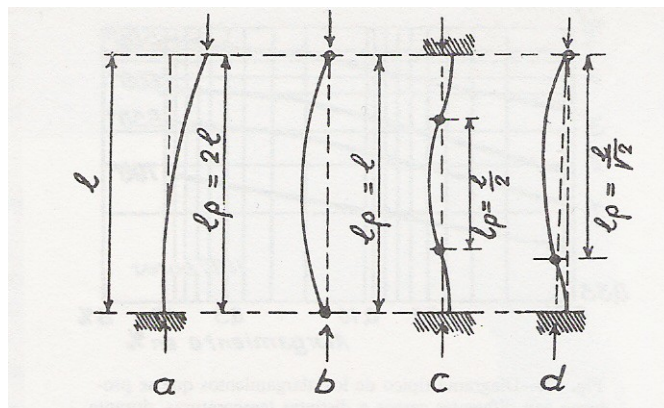
S'ha comprovat experimentalment que les peces de molta longitud respecta a la seva secció si se les sotmet a esforços de compressió en la direcció del seu eix, no s'aixafen sinó que es dobleguen lateralment i se solen trencar per a càrregues molt inferiors a les que caldria esperar per la seva secció i la seva resistència a la compressió. Aquest fenomen s'anomena vinclament.

- La **longitud de vinclament** és la distància entre dos punts consecutius d'inflexió de la corba produïda. Es pot donar en funció de la longitud total en els casos més habituals de fixació dels extrems de la barra.
 - Un extrem encastat i l'altre lliure $l_v = 2l$
 - Un extrem encastat i l'altre articulat $l_v = \frac{l}{\sqrt{2}}$
 - Els dos extrems encastats $l_v = \frac{l}{2}$
 - Els dos extrems articulats $l_v = l$
- La **resistència al vinclament** depèn de les condicions en què estiguin fixats els extrems de la barra. Es determina mitjançant la fórmula següent:

$$R_v = \frac{\pi \cdot E_m \cdot I}{l_v^2}$$

En la qual E_m és el mòdul d'elasticitat, I és el moment d'inèrcia i l_v és la longitud de vinclament.

L'assaig de vinclament té poca utilitat en la construcció de màquines però en canvi té molta aplicació en la construcció d'edificis metàl·lics i de formigó. Així se sol determinar la resistència al vinclament de les columnes en sistemes reticulars utilitzant un valor de $l_v = \frac{3}{4} \cdot l$ i de pilars en edificis de base plana escollint $l_v = \frac{4}{5} \cdot l$. Si les construccions són molt elevades s'escollirà $l_v = l$.



10.4 ASSAIGS DE DEFECTES (ASSAIGS NO DESTRUCTIUS)

Els assaigs de defectes tenen per objecte el descobriment i localització dels defectes tant en la superfície com en el interior dels materials. Per aquest motiu aquests assaigs tenen una ampla aplicació per garantir la qualitat dels productes fabricats i també se solen utilitzar per fer proves en peces que estan en funcionament.

L'assegurament de la qualitat en molts sectors industrials (indústria aeronàutica, naval, nuclear, etc.) depèn en gran mesura dels assaigs no destructius els quals són capaços de determinar els defectes interiors de les peces sense haver de desmuntar-les.

Assaigs no destructius	<i>Macroscòpics</i>	
	<i>Líquids penetrants</i>	
	<i>Corrents de Foucault</i>	
	<i>Magnètics</i>	Magnetoacústics
		Electromagnètics
		Partícules magnètiques
	<i>Ultrasònics</i>	Transparència
		Posició de l'eco
		Mesura de temps invertit
	<i>Radiogràfics</i>	Raigs X
		Raigs Gamma

La inspecció visual d'una peça proporciona informació sobre:

- El tipus de material
- El procediment de fabricació
- L'acabament superficial
- La localització d'alguns petits defectes.

Però no permet descobrir aquells defectes que, degut a que són petits o estan per sota de la superfície, no els pot captar la vista humana i, tanmateix, modifiquen les propietats mecàniques dels materials.

Les exigències de la qualitat comporta que en algunes peces s'exigeixi que no tinguin cap defecte. Aleshores cal aplicar els assaigs no destructius per tal de localitzar els defectes sense deteriorar la peça.

Els assaigs no destructius són útils en el manteniment preventiu, principalment en aquelles peces en funcionament o que estan en curs de fabricació, així com per investigar accidents o ruptures catastròfiques.

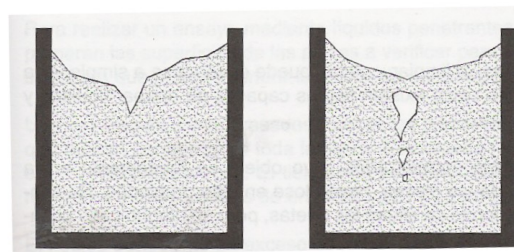
Defectes dels metalls i dels aliatges

Els principals defectes que poden patir els metalls i els seus aliatges es deuen, entre d'altres coses als procediments utilitzats en la seva obtenció o als procediments posterior de conformació. Els defectes més perjudicials són les:

- **Clivelles:** que són uns defectes consistents en unes obertures estretes com les que apareixen en gran nombre de cossos per sequedat, contracció. En els metalls solen aparèixer en el procés de solidificació com a conseqüència de la variació de temperatures que dona lloc a diferent compacitat entre el que ja és sòlid i el que encara no ho és. Llavors apareixen tensions residuals que generen les clivelles.

De vegades es generen les clivelles com a conseqüència dels esforços de tracció que pateix la peça.

- **Porositats:** que són uns defectes que consisteixen en l'aparició de porus interns o petites bombolles. Això sol passar en els processos de solidificació dels metalls degut a que el gas o l'aire queda atrapat dins la massa sòlida.
- **Xuclets:** que són uns defectes produïts al final de la colada en un motlle a causa de la contracció del material fos en solidificar-se. Es poden detectar pel fet que es produeix una pèrdua de volum en passar d'un estat líquid a un de sòlid. En els motlles, l'extracció del calor es produeix per les parets i pel fons degut a que aquestes superfícies estan a temperatura inferior a la resta del metall. Aleshores solen aparèixer xuclets, els més corrents dels quals són els **xuclets oberts**, tot i que de vegades apareixen a l'interior, principalment quan es forma una capa sòlida a la superfície lliure abans que a la resta. Aquests darrers es denominen **xuclets interns** i no es veuen a simple vista.



Xuclet obert

Xuclet intern

- **Segregacions:** que són defectes produïts per la distribució no uniforme dels elements d'aliatge, impureses o microfases que dona lloc a concentracions localitzades. Es tracta doncs d'una heterogeneïtat ocasionada per la variació de la composició durant la solidificació d'un aliatge. Si refredem un aliatge compost per dos elements, l'element que té un punt de fusió més baix es solidificarà primer i ocuparà la regió central i es formarà un gradient de manera que a mesura que pugi la temperatura la concentració de l'element de major punt de fusió anirà augmentant de dins a fora. Aquest gradient no és visible a simple vista. Aquesta segregació ocasiona propietats inferiors a les òptimes.

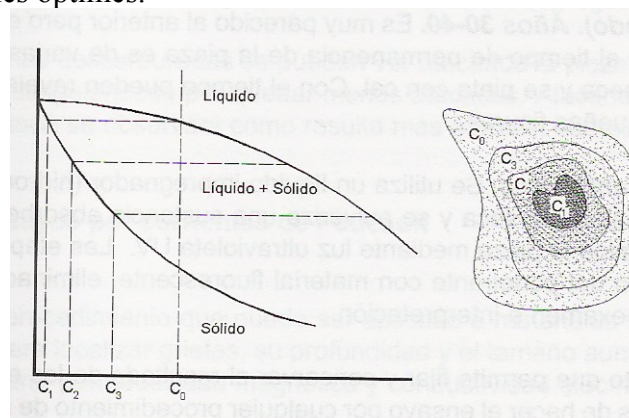


Diagrama d'equilibri del canvi de fase on queda evident el gradient de concentració.

Assaigs macroscòpics

Consisteixen en la inspecció visual mitjançant l'observació a simple vista o amb una lupa de pocs augments, amb miralls o altres aparells que permetin accedir visualment als punts de la peça que no són accessibles.

Amb aquesta inspecció es poden determinar els defectes superficials en les unions soldades, en els recobriments metàl·lics etc. Per fer aquest tipus d'assaig es necessari tractar la superfície que es vol examinar sobretot si està bruta, amb greix o te escata (capa prima d'òxid de ferro que es desprèn de la superfície d'una peça fosa o forjada). Es recomana netejar-la amb algun producte que no perjudiqui la seva superfície. Per treure l'escata es fa servir una solució aquosa d'àcid clorhídric al 50% a 30°C durant 10 o 15 minuts.

La inspecció visual l'ha de dur a terme un tècnic qualificat i amb experiència. Tanmateix, si es fa aquest assaig és convenient fer-ne uns altres de tipus no destructius per garantir un dictamen correcte.

Assaigs amb líquids penetrants

Aquest assaigs consisteixen a localitzar els defectes i discontinuïtats superficials de les peces submergint-les o pintant la seva superfície amb uns líquids que tinguin una certa capacitat de penetrar per capilaritat a l'interior de les clivelles i traspuar a l'exterior en un temps determinat.

Aquests procediments ja eren coneguts fa temps i han anat perfeccionant-se pel que fa a la precisió, rapidesa i seguretat.

- **Submergir la peça en petroli:** Consisteix a posar la peça en petroli durant uns trenta minuts. Després se seca i es cobreix d'arena. Ales hores, apareixen unes taques que segueixen les línies de les clivelles. De vegades s'afavoreix que traspuï donant-hi cops amb un martell de fusta.
- **Submergir la peça en oli calent:** Es un procediment semblant a l'anterior però que en lloc de fer servir petroli es fa servir oli calent. El temps de permanència, però, és més llarg ja que pot durar diverses hores. Després es neteja la peça amb benzina, s'asseca i es pinta amb cal. Passat un temps poden aparèixer a la vista les clivelles si tenen una magnitud destacada. No obstant, si són petites pot ser que no es detectin.
- **Impregnar la peça amb hidrocarbur i un material fluorescent:** Aquest és un procediment que millora els anteriors i consisteix a utilitzar com a líquid per impregnar un hidrocarbur líquid barrejat amb un material fluorescent en suspensió. Després d'assecar la peça se la polvoritza amb un revelador sec que és una substància molt absorbent. A continuació s'examina la peça amb els raigs ultraviolats i, llavors, les parts sanes queden a l'ombra mentre que les clivelles es veuen il·luminades.
- **El vernís per fixar el resultat de l'assaig:** El procediment d'aplicar vernís és una tècnica per a fixar i conservar el resultat dels assaigs realitzats amb líquids fluorescents o colorants. Així doncs, després de fer l'assaig per qualsevol dels procediments anteriors s'envernissa la peça amb un vernís especial que en assecar-se queda en forma d'una pel·lícula que pot ser retirada i pot servir com a document fidel per descriure la posició i magnitud de les clivelles.

- **Submergir amb una solució d'àcid clorhídric:** Aquest procediment es fa servir per localitzar les segregacions, els xuclets i les porositats. Consisteix a submergir durant 10 o 15 minuts la peça en una solució aquosa al 50% d'àcid clorhídric a 70°C.

Etales dels assaigs amb líquids penetrants:

- **Preparar les superfícies** eliminant el greix, la brutícia i les escates d'òxid.
- **Recobrir les superfícies amb els líquids penetrants.** Això s'ha de fer de manera que tota la superfície estigui coberta. De vegades es fa per immersió, d'altres per polvorització amb pistola o mitjançant una brotxa. El temps de permanència és de 15 o 20 minuts i la temperatura de líquid sol estar entre 30° i 50°C.
- **Eliminar líquid que sobra i escalfar la peça per afavorir la traspuació.**
- **Aplicar un revelador**
- **Avaluar i interpretar les marques aconseguides.** Aquesta fase es farà després de transcorreguts 5 o 10 minuts després de l'aplicació del revelador.

Assaig per corrents de Foucault

Els corrents induïts de Foucault consisteixen en el següent: Suposem un imant que crea un camp magnètic entre els seus pols. Si fem passar una placa de coure entre els pols notarem que l'entorn produeix una resistència a la penetració. La força \vec{F}_M que actua sobre la placa i que s'oposa a la penetració és el resultat de la interacció entre el camp magnètic existent i els corrents que s'indueixen a la placa. Els corrents induïts apareixen com a conseqüència de l'augment de flux magnètic a través de la placa quan l'apropem a la zona entre els dos pols, i tenen un sentit tal que s'oposen a l'augment de flux. Per tant, és lògic que les forces d'interacció entre aquests corrents i el camp donin com a resultat una oposició a la penetració. Anàlogament, quan es vol treure la placa de la zona que hi ha entre els pols, el que s'aprecia és una resistència a la sortida de la placa.

Aquests corrents dissipen energia i, per això, en la majoria dels casos interessa reduir-los al màxim (aquest és el motiu que es laminen els transformadors i certes parts mòbils de la maquinària elèctrica). De vegades, però, aquests corrents són aprofitats, per exemple en els comptadors d'energia elèctrica o en assaigs no destructius.

L'assaig per corrent de Foucault consisteix a generar corrents induïdes de Foucault sobre la peça a assajar mitjançant la utilització de generadors d'alta freqüència (fins 5000 Hz). Se sol aplicar a materials ferromagnètics, no ferromagnètics i fins i tot austenitics. Els corrents de Foucault es veuen afectats per les característiques i defectes del material provocant variacions de la impedància i aquestes variacions poden ser detectades mitjançant un oscil·loscopi. Així doncs si hagués una clivella en el cos, es reduiria el flux del corrent induït i això podria ser detectat.

Actualment els equips que fan servir corrents induïdes es caracteritzen per utilitzar electrònica avançada i equips multifreqüència que facilita la detecció ràpida i segura.

Es tracta, doncs, d'un mètode de gran sensibilitat, de resposta ràpida i sols necessita el generador i la peça de mostra a analitzar.

Assaigs magnètics

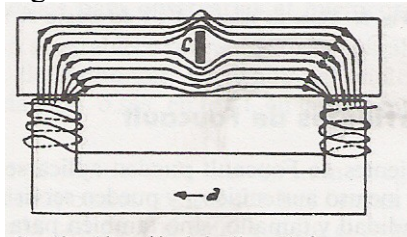
Els assaigs magnètics només es poden aplicar a peces ferromagnètiques i no serveixen per a peces de bronze o llautó degut a que són metalls que no tenen permeabilitat magnètica. Hi ha tres tipus d'assaigs magnètics: per partícules magnètiques, magnetoacústics i electromagnètics

Assaigs per partícules magnètiques

Aquests assaigs serveixen per detectar defectes tant superficials com interns i consisteixen en col·locar la peça de manera que formi part d'un circuit magnètic. Aleshores es polvoritza la seva superfície amb oli o petroli i amb llimadures de ferro i s'observa que les llimadures, que adopten l'orientació de les línies de força del camp magnètic, s'acumulen en els llocs on hi ha alguna clivella. És com si es formés un pont metàl·lic per a suplir el defecte del material.

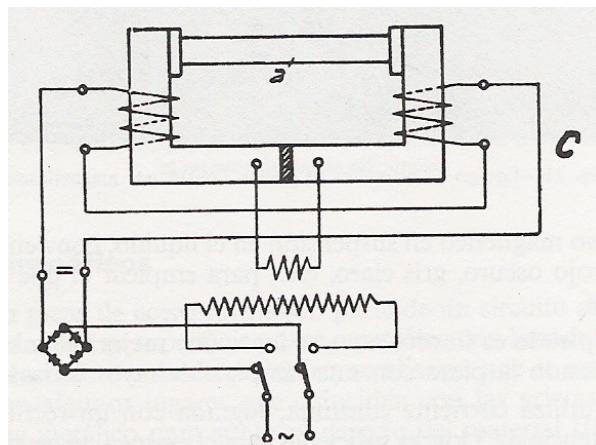
Una condició prèvia per a que la detecció sigui efectiva és que la peça sigui imantada amb la major intensitat possible. A més el pols magnètic ha de ser d'un color que destaquï per sobre del color de la peça i el líquid s'aconseja que sigui fluorescent per a facilitar la localització dels defectes per il·luminació de la peça amb raigs ultraviolats. Un cop la peça ha estat examinada caldrà desmagnetitzar-la amb un inversor de polaritat.

Aquest assaig és útil solament en el cas que les clivelles siguin perpendicular a les línies de força o formin amb aquestes un angle superior a 45° . En el cas contrari segueixen les mateixa direcció de les línies de força i no es poden detectar. Per això si no es coneix bé quina és la direcció de les clivelles caldrà imantar-la peça en dues direccions perpendiculars i repetir l'assaig en les dues direccions.



El defecte C modifica les línies de força

L'aparell que es fa servir sol tenir una potència de 3kW i incorpora un inversor per a desmagnetitzar la peça. Una instal·lació molt recomanable és aquella que permet magnetitzar la peça amb corrent continua per a localitzar les clivelles transversals i, tot seguit, sense moure la peça utilitzar el corrent altern per a determinar les clivelles longitudinals.



Aparell per determinar les clivelles de la peça *a* per assaig mecànic i utilitzant indistintament corrent continua i alterna

Assaig magnetoacústics

Aquest assaig utilitza l'efecte dinàmic del magnetisme i fa servir un localitzador acústic. La peça a assajar es col·locarà en un camp magnètic el qual indueix també una bobina connectada a un aparell de mesura del soroll. Es recorre la peça amb els dos terminals del camp magnètic i si no hi ha cap clivella, aleshores el detector acústic no donarà cap senyal. Però, si descobreix una clivella hi haurà una variació del flux magnètic i això modificarà el corrent de la bobina i això es traduirà en un senyal acústic.

Assaigs electromagnètics

L'assaig electromagnètic més utilitzat és el que es va inventar l'enginyer americà Sperlyg. Aquest assaig tenia per objecte la localització de les clivelles de les vies de tren. Consisteix en un aparell que està muntat sobre un vagó detector en el que hi ha un generador de corrent continua i un dispositiu d'avís que inicialment consistia en el llançament d'un raig de pintura blanca en el lloc on es detectava la clivella.

El procediment es basa en la col·locació de dues escombretes de contacte en la via de tren i en fer passar un corrent continu de 2.500 ampers d'intensitat i una tensió d'un volt. El camp magnètic que genera aquest corrent és tallat per una bobina situada entre les dues escombretes. Si es passa per una zona defectuosa, la intensitat i el flux del camp varien i, aleshores, es genera un corrent induït en la bobina que pot ser amplificat i, així, avisar de l'existència del defecte. També pot accionar un relé i fer que un dispositiu llenci un raig de pintura blanca sobre la zona del defecte.

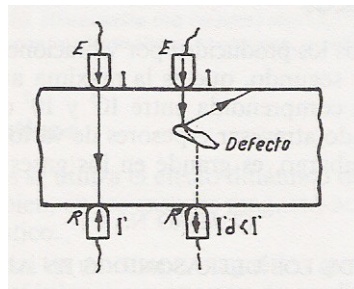
Assaigs ultrasònics

Aquests assaigs es basen en uns assaigs sònics que es feien servir principis del segle XX, principalment per determinar si les rodes dels ferrocarrils estaven en bones condicions. Aquests assaigs es basaven en què una peça metàl·lica si està clivellada i se la colpeja amb un martell se sent un so opac, mentre que si la peça està sana el so és vibrant. Tanmateix, aquest assaig no permetia detectar el lloc precís on estava la clivella.

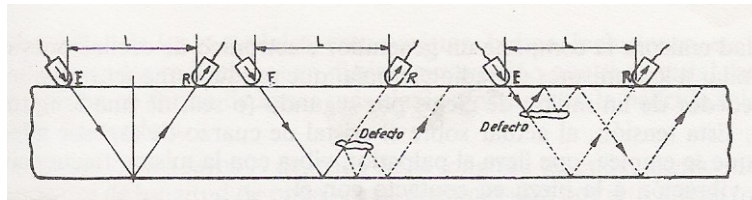
Els assaigs ultrasònics estan basats en la propagació, a través del material a analitzar, d'una ona d'alta freqüència de 0,5 a 10 MHz. Aquestes ones es transmeten a través de les mateixes molècules, es poden dirigir fàcilment i tenen una longitud d'ona molt petita de manera que permeten localitzar i detectar de manera clara petits defectes de la peça.

Hi ha quatre procediments utilitzats:

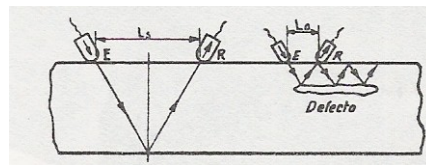
- **Per transparència:** Es produeix per disminució de la intensitat de l'ona emesa per un emissor quan travessa una zona defectuosa.



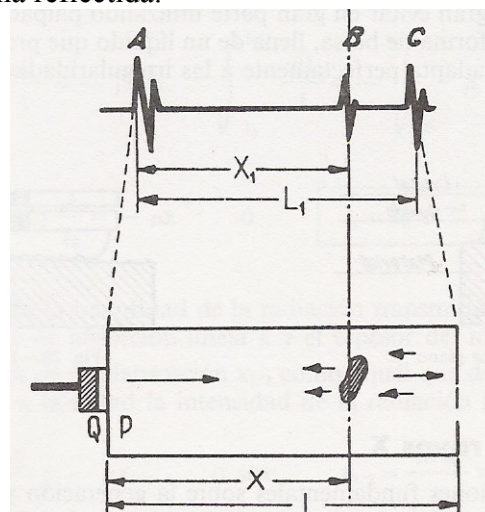
- **Per disminució de la intensitat de l'eco:** Es produeix degut a la disminució de l'ona reflectida a la cara oposada de la peça quan travessa un defecte.



- **Per la posició de l'eco:** Aquest procediment consisteix en ajustar el receptor a una distància de l'emissor a la que es rebi millor l'ona reflectida en la cara oposada. Aleshores, quan l'ona emissora troba un defecte la major part d'aquesta ona es reflecteix en ell abans d'arribar a la cara oposada, aleshores la distància entre l'emissor i el receptor s'escurça. En aquest cas caldrà apropar el receptor a l'emissor i conseqüentment detectar el lloc on es troba el defecte.



- **Per disminució del temps invertit per l'ona reflectida:** Aquest procediment fa servir un únic detector que consta d'un emissor i un receptor. Aquest aparell emet una ona que es reflecteix a la cara oposada i és detectada quan retorna. Si pel camí troba algun defecte es detectarà alguna variació en el receptor. De vegades es fa servir un oscil·lògraf en la pantalla del qual es pot detectar les variacions de l'ona reflectida.



Els aparells emprats en els assaigs ultrasònics són:

- **Unitat emissora** formada per un generador d'ones d'alta freqüència.
- **Unitat receptora** formada per un cristall de quars de cares planes i per una membrana en forma de bossa i plena de líquid que rep el nom de palpador turgent. Aquest permet un contacte més estret amb la superfície de la peça i evita errors d'apreciació.
- **Transductor:** La senyal d'ona que detecta la unitat receptora és convertida per un transductor en senyal elèctric.
- **Pantalla d'ordinador o un oscil·loscopi:** El senyal elèctric del transductor es representa gràficament en una pantalla d'ordinador o en un oscil·loscopi.

Assaigs per raigs X

Els raigs X com els raigs gamma (γ) són radiacions electromagnètiques com la llum però de longitud d'ona menor ($\approx 10^{-10}$ m un Angstrom). Els raigs X es produeixen quan un feix d'electrons a elevada velocitat xoca contra un material. La radiació X es transmet en línia recta i permet la localització de defectes interns que d'una altra forma no serien detectables.

El gran poder de penetració dels raigs X permet que travessin espessors de material considerable. Les clivelles, xuclets interns absorbeixen la radiació de manera diferent a com ho fa les zones sanes del material. Aquestes diferències queden reflectides en una placa fotogràfica en forma de zones fosques o zones clares.

Assaig per raigs gamma

Els raigs gamma (γ) també són radiacions electromagnètiques del mateix tipus que els raigs X però tenen una longitud d'ona més curta ($\approx 10^{-12}$ m un centèsims d'Angstrom).

Les fonts de raig gamma són els elements radioactius que habitualment solen ser isòtops radioactius que sorgeixen com a productes de fissió del l'urani (^{235}U). Es tracta d'isòtops del Radi, Cesi, Cobalt, Tuli o Iridi que tenen una vida mitjana considerable. La vida mitjana és un factor a tenir en compte ja que representa el temps que ha de passar perquè aquest element redueixi la seva activitat radioactiva a la meitat.

Element radioactiu	Vida mitjana
Radi	1.620 anys
Cesi 137	37 anys
Cobalt 60	5,3 anys
Tuli 170	127 dies
Iridi 192	74 dies

El fet que els raigs gamma tinguin una longitud d'ona més petita permet que siguin més penetrants i mentre que els raigs X s'empren per gruixos de 100 mm els raigs gamma es fan servir per a gruixos fins a 250 mm. En contrapartida mentre les radiografies són ràpides d'obtenir les gammagrafies necessiten més temps d'exposició i triguen més a realitzar-se. També el cost dels aparells de raigs gamma són més elevats que els aparells de raigs X.

11. METROLOGIA

Metrologia és aquella branca de la ciència i de la tecnologia que té com a objectiu la definició dels patrons de mesura. Totes les indústries de fabricació mecànica necessiten disposar de laboratoris que disposin d'instruments adients per a mesurar les peces fabricades.

El control de qualitat, que com sabem consisteix a mesurar algunes característiques del producte fabricat i comparar-la amb les que indiquen les especificacions, necessita disposar de sistemes de mesura prou fiables i en conseqüència recórrer als patrons i a les tècniques establertes per la metrologia.

11.1 Metrotècnia és la metrologia aplicada a la indústria tècnica i tracta del coneixement dels instruments de mesura, de les instruccions per al seu ús correcte, de la seva conservació i manteniment i de les tècniques per realitzar les mesures. Segons el tipus de mesura que es faci la metrotècnia es classifica en macrogeometria o microgeometria:

Metrotècnia (mesura i verificació)	Macrogeometria	Dimensions	Longitud
			Angle
		Formes	Rectitud
			Paral·lelisme
			Perpendicularitat
			Planitud
			Rodonesa
			Concentricitat
	Microgeometria	Acabat superficial	

Una classificació dels mètodes de mesura és aquella en que divideix els instruments en dos tipus, segons serveixin per a verificar o per a mesurar.

11.2 Eines de verificació i comprovació

11.2.1 Patrons de mesura

Mesurar és comparar una magnitud amb un patró determinat. Per això, cal definir prèviament els patrons que es faran servir en la mesura posterior. En la verificació de les formes es poden distingir tres tipus de patrons habituals: patrons lineals, patrons angulars i calibres.

Verificació i comprovació	Patrons lineals	Cilindres
		Varetes d'extrem esfèrics
		Prismes o blocs patró
	Patrons angulars	Marbre
		Regle
		Escaire
		Muntatge de corrons i galgues
	Calibres (passa o no passa)	Ferradura
		Calibres plans
		Varetes oscil·lants
		Tampons especials

Els patrons són instruments que permeten reproduir una unitat de mesura (o un múltiple o un submúltiple d'ella) Existeixen dos tipus fonamentals: els patrons primaris i els secundaris.

- **Patrons primaris:** Són els que reproduïxen unitats bàsiques del Sistema Internacional.
- **Patrons secundaris:** Són els que reproduïxen unitats que no són bàsiques o que realitzen la comparació amb un patró primari.

11.2.2 Patrons de longitud

Són instruments que reproduïxen el valor d'una longitud determinada de forma que no cal recórrer a instruments de mesura per a determinar el seu valor. Aquest patrons permeten determinar les dimensions d'un objecte mitjançant la mesura de la distància entre dos marques sobre un regle o per la distància entre les dues superfícies d'una vareta d'extrems bé esfèrics o be plans.

Els patrons de longitud poden tenir formes semblants als instruments de mesura. Tanmateix, es diferencien d'ells en què tenen una precisió elevada i perquè estan fabricats amb acers al crom de gran duresa, bona estabilitat dimensional i una gran resistència al desgast per fregament.

Els patrons només han d'emprar-se per a determinar mesures exactes i comprovar els instruments de mesura. Mai han de fer-se servir com a procediment de mesura directa sobre la peça.

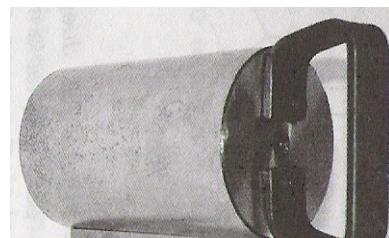
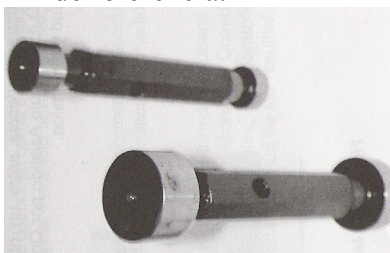
Els patrons de longitud més utilitzats són:

- Patrons cilíndrics
- Varetas d'extrems esfèrics
- Blocs patró.

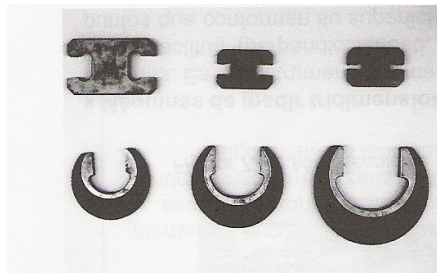
Patrons cilíndrics

Es caracteritzen perquè defineixen la mesura de referència mitjançant el diàmetre d'una superfície cilíndrica. Solen ser de tres tipus:

- **Calibres tampó:** Tenen forma d'un cilindre el diàmetre del qual és la mesura de referència.



- **Discs patró:** Tenen forma de discs de gruix variable perforats en el centre. La mesura de referència és el diàmetre exterior del disc. Es fan servir per a verificar calibres i per a verificar instruments de mesura d'exterior.



- **Anells patró:** Tenen forma d'anell i la mesura la defineix el diàmetre interior. Es fan servir per a verificar instruments de mesura d'interiors.

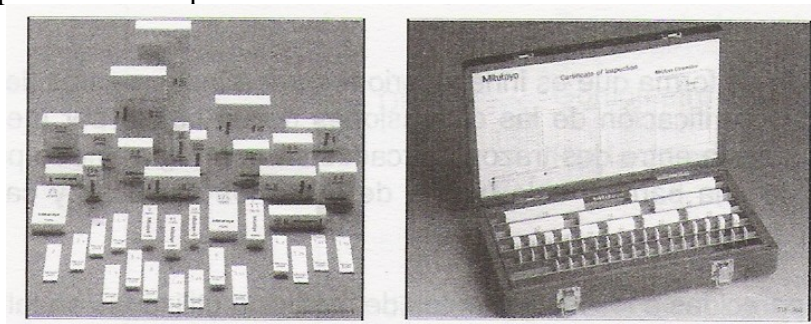
Varetes d'extrems esfèrics

Són varetes cilíndriques acabades en casquets semiesfèrics en els seus dos extrems. Es fan servir per a comprovar distàncies entre superfícies.

Se solen presentar en jocs de 10 varetes esglaonades de 10 en 10 mil·límetres.

Blocs patró o patrons prismàtics

Són patrons de longitud d'acer de forma paral·lelepípedica i secció rectangular. La distància entre les dues superfícies oposades sol definir la longitud a mesurar. Solen presentar-se en caps de diversos jocs de mesura. Per a determinar una longitud es poden juxtaposar diversos prismes.



El joc de blocs està format per 112 peces que permeten formar longituds des de 3 a 100 mm amb una precisió de $0,5 \mu$ m. Per a formar la longitud s'ha de seleccionar els blocs que defineixen la xifra més petita i després les altres xifres sempre de dreta a esquerra. Finalment se seleccionaran els blocs que completen la part entera amb un màxim de quatre blocs.

Interval	Mesures en mm	Nombre de peces
0,0005	1,0005	1
0,001	1,001; 1,002; ... 1,009	9
0,01	1,01; 1,02; ... 1,49	49
0,5	0,5; 1,00; 1,50; ... 24,50	49
25	25, 50, 75, 100	4

El procediment per a establir el patró d'una determinada longitud amb aquestes prismes o blocs és el següent:

- 1) Busquem la peça que permeti aconseguir la darrera xifra decimal.
- 2) S'ha de poder fer amb el nombre mínim de peces

3) Després es trien les peces seguint l'ordre dels decimals i enters que hi ha d'esquerra a dreta.

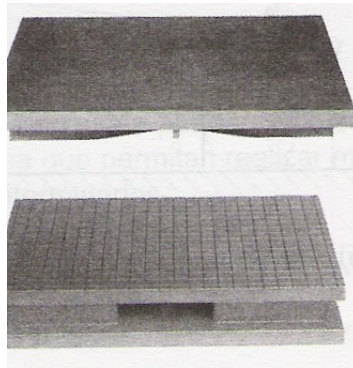
ACTIVITAT

- 1.- Determina el nombre i el tipus de blocs que hauràs de fer servir per a adoptar la mesura 39,605
- 2.- Determina el nombre i tipus de blocs que hauries de fer servir per a adoptar la mesura de 45,8005
- 3.- Determina el nombre i tipus de blocs que hauries de fer servir per a adoptar la mesura de 75,935

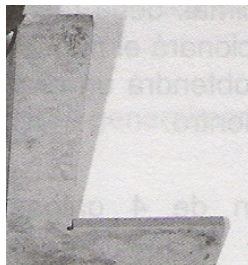
11.2.3 Patrons d'angle

Se sol adoptar l'angle recte com a unitat de mesura. Els patrons d'angle dels tallers solen ser de 180° (regles i marbres), patrons d'angle recte (escaires) i patrons de qualsevol angle (fixos o variables).

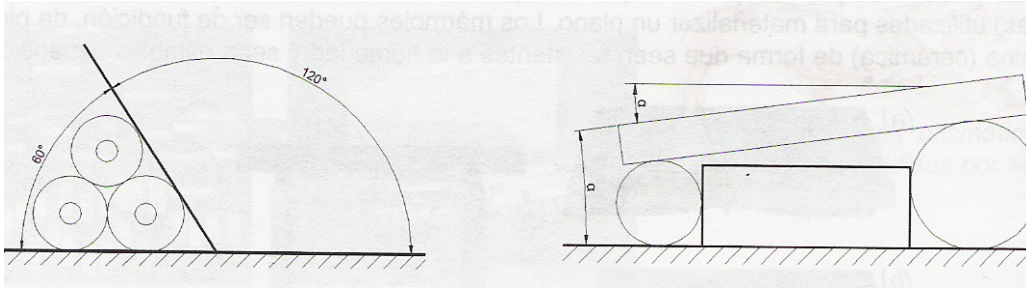
- **Marbres:** Són superfícies planes de diferents formes (quadrades, rectangulars o circulars) que es fan servir com a patró del pla i dels angles de 180° . Poden ser fabricades de pedra natural o de ceràmica però en tot cas han de ser resistents a la humitat i han de ser estables en quan a les dimensions.



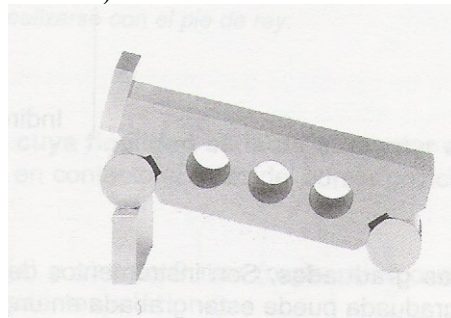
- **Regles:** Són patrons per mesurar angles de 180° . Poden estar fabricats en acer o en fundició. Poden adoptar formes rectangulars, triangulars o quadrades. També poden tenir les vores tallades obliquament en bisell.
- **Escaires:** Són patrons d'angle de 90° i tenen forma de L. Es fan servir per a verificar perpendiculars. Com els regles es poden fer d'acer o de fundició.



- **Patrons de qualsevol angle:** Amb els discs patró i els blocs prismàtics es poden fer muntatges per aconseguir patrons de mesura de qualsevol angle. També hi ha patrons angulars que es presenten en jocs de dos o quatre angles d'un gruix de 3mm que degudament combinats permeten una gran varietat d'angles.

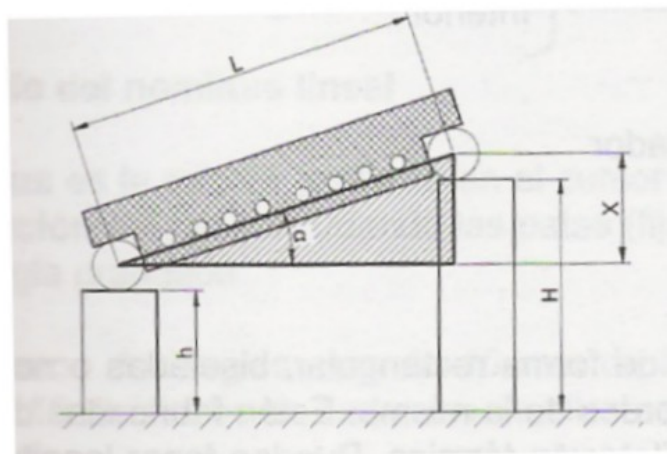


- **Regle dels sinus:** És un instrument que permet representar qualsevol angle. Està format per un regle en els extrems del qual si poden encaixar cilindres d'igual diàmetre de manera que la distància entre els centres sigui una distància coneguda (de 100 a 200 mm).



Per a representar un angle concret cal seleccionar els blocs patró adients i utilitzar-los com a suport dels cilindres. En funció de les diferències d'altura i de longitud entre els centres es pot establir l'angle desitjat. Així, si H i h són les altures dels blocs i L la longitud entre els centres dels dos cilindres, l'angle buscat l'obtindrem aplicant la fórmula següent:

$$\sin \alpha = \frac{H - h}{L}$$



ACTIVITATS:

1.- Determina quins blocs prismàtics escolliràs per a representar un angle patró de 38° si disposes d'un regle de sinus on els diàmetres dels cilindres poden estar separats 200 mm. Considera que disposes d'un joc de blocs com el que es descriu a les pàgines anteriors.

2.- Si en el regle de sinus de l'exercici anterior, la distància entre els centres del cilindres es variable i permet tres opcions més 100, 150 175 mm. Quines altres solucions creus que hi podria haver per a representar el mateix angle patró de 38° .

11.3 Mesura i comprovació de longituds

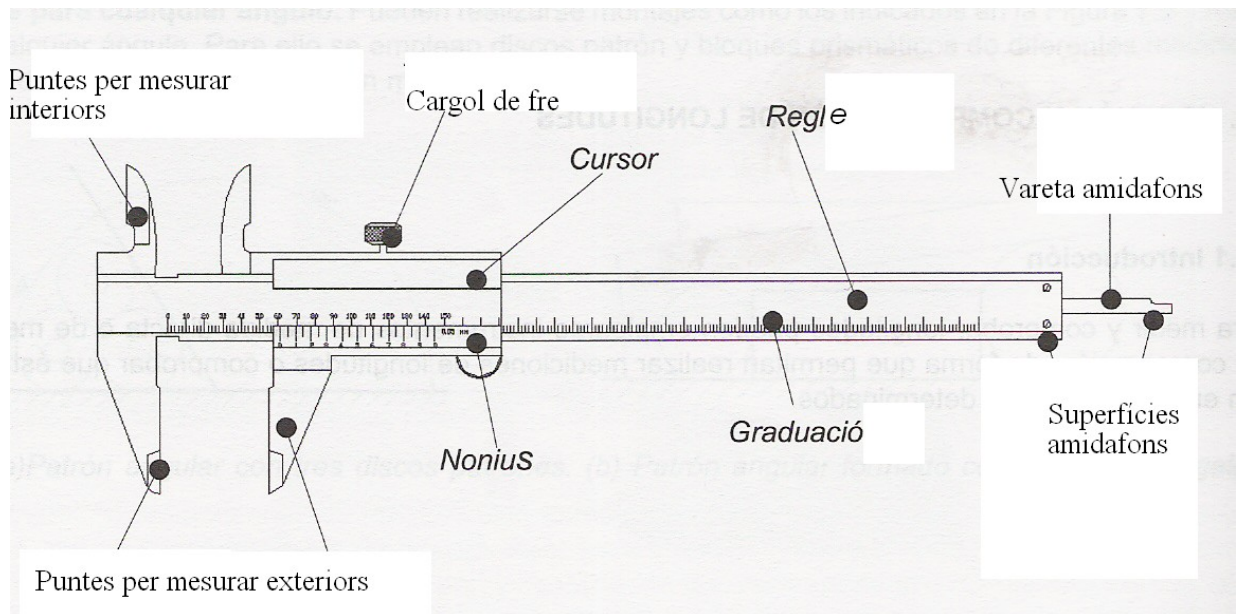
Per a mesurar i comprovar determinades longituds es poden fer servir procediments de mesura indirecta amb l'ús dels instruments apropiats o es pot recórrer a la mesura indirecta per comparació.

Mesures de longitud	Directes	Regles graduats	
		Peu de rei	Mauser
			Peu de rei de torner
			Amidafons
		Micròmetres	Exterior
			M. rosques i engranatges
			Interior
	Indirectes	Comparador	

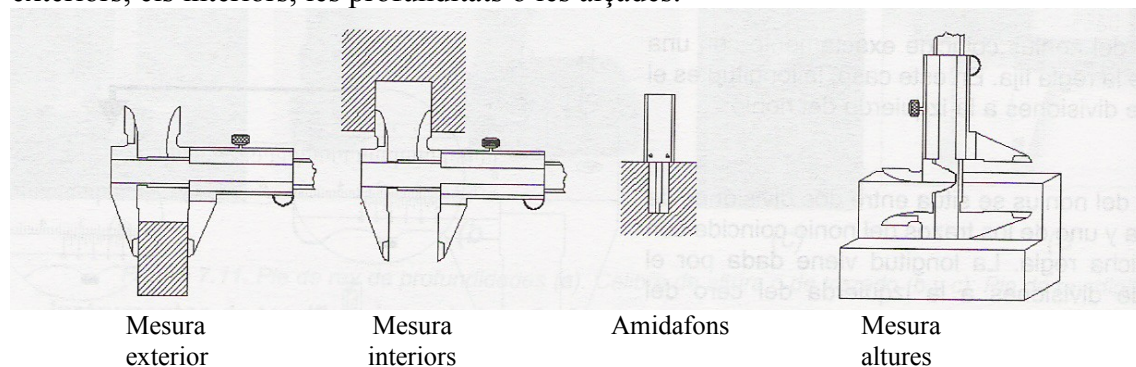
Mesura directa

Es tracta d'aconseguir la mesura d'una longitud amb la lectura del seu valor sobre una escala graduada. N'hi ha de tres tipus d'instruments: regles graduats, peus de rei i micròmetres.

- **Regles graduats:** Són instruments de mesura directa de forma rectangular, bisellades o no, que tenen una escala graduada gravada en un dels seus extrems. Estan fabricades amb materials rígids o flexibles que tinguin una dilatació baixa i que resisteixin el desgast. La seva longitud màxima habitual és de 3 m i solen presentar una tolerància d'error de ± 1 mm.
- **Peus de rei:** Aquest és l'instrument més utilitzat en el taller ja que permet determinar mesures exteriors, interiors i permet també amidar profunditats. A més, presenta una bona precisió.
Està format per un regle graduat que acaba amb unes puntes fixes, un cursor que llisca sobre el regle graduat i que porta unes puntes mòbils i un cargol de fre. Aquest cursor té una graduació independent que rep el nom de nònius.

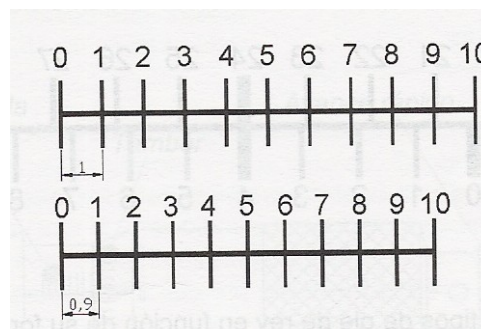


Els dibuixos següents indiquen com es pot utilitzar el peu de rei per mesurar els exteriors, els interiors, les profunditats o les alçades.

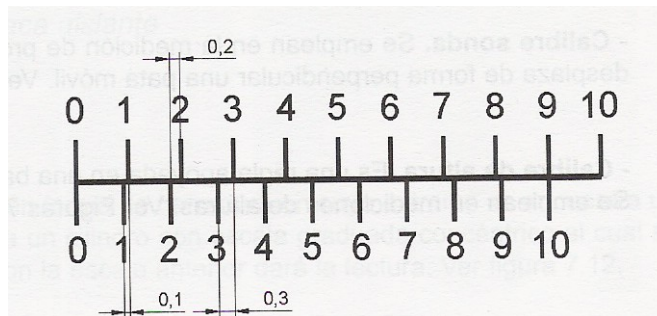


El nònuis, que és l'escala graduada que està gravada en el cursor, permet augmentar el grau de precisió del peu de rei. Si les puntetes per mesurar exteriors estan juntes, el 0 del regle graduat coincideix amb el 0 del cursor.

Si els dos regles no són igual i el fix és de 10 mm amb 10 divisions mentre que el mòbil, tot i tenir 10 divisions és solament de 9 mm aleshores succeirà que en el regle fix la distància entre dues divisions serà d'un mil·límetre mentre que en el cursor aquesta distància serà de 0,9 mm.



En superposar aquests dos regles observarem que les divisions coincidiran en el 0, però en el 1 es desplaçaran una dècima (0,1 mm) en el 2 dues dècimes (0,2 mm) i així successivament.

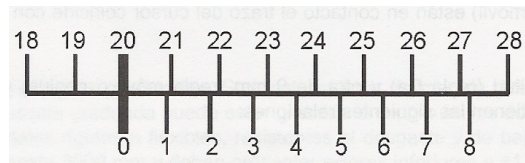


En aquest cas direm que aquest peu de rei té un grau de precisió d'una dècima de mil·límetre.

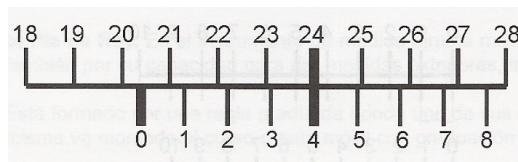
$$\text{Grau de precisió} = \frac{\text{Distància entre dues divisions en el regle fix}}{\text{Núm. divisions regle mòbil}} = \frac{1 \text{ mm}}{10 \text{ divisions}} = 0,1 \text{ mm}$$

Quan mesurem amb un peu de rei ens poden aparèixer tres casos:

- Que el zero del nònius coincideixi amb una divisió del regle fix. Aleshores la distància mesurada és exactament aquest valor del regle fix. Així, en el cas del dibuix, la mesura seria de 20.



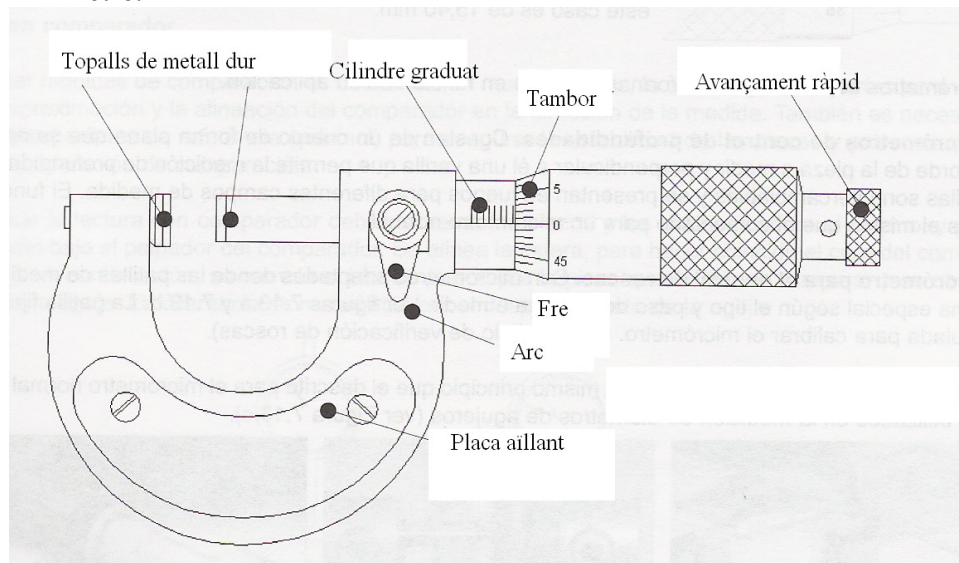
- Si el zero del nònius està entre dues divisions del regle fix i hi ha una ratlleta del nònius que coincideix amb una divisió del regle fix. Aleshores la distància mesurada tindrà com a part entera el valor del regle fix que hi ha a l'esquerra del zero del nònius i una part decimal que coincidirà amb el número de la ratlleta del nònius que coincideix amb la del regle fix. Així, en el cas del dibuix, la mesura seria 20,4



- Si no hi ha cap ratlleta del nònius que coincideixi amb cap del regle fix. Aleshores es pot donar una lectura per excés o per defecte.

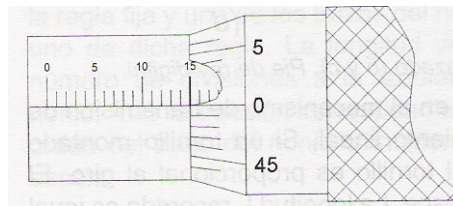
- **Micròmetres o Palmers:** Són instruments de mesura de gruixos que fan servir un cargol micromètric. Estan formats per un arc principal en forma de ferradura a l'extrem del qual hi ha un topall fix i a l'altre un cargol micromètric. Aquest cargol consta d'un cilindre central amb una escala graduada longitudinalment i

un tambor graduat concèntric que està graduat transversalment i avança 1 mm cada volta. El procediment és similar al del nònius només que en aquest cas el tambor té cent divisions cosa que permet una precisió del centèsim de mil·límetre.

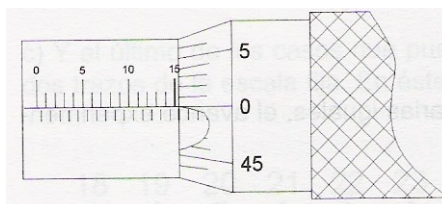


Si fer la lectura d'un gruix amb el palmer ens poden aparèixer tres casos:

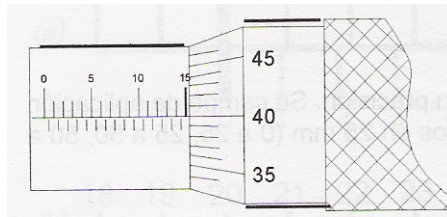
- Que una divisió del regle graduat coincideixi amb el zero del tambor. La lectura és exacta. En el dibuix és 15,00 mm.



- Que el zero del tambor coincideixi amb l'eix del regle graduat però el valor d'aquesta està entre mig de dues ratlletes. Aleshores la mesura tindrà com a part entera la que marqui el regle graduat i com a decimal 0,50 mm.



- Si el zero del tambor no coincideix amb l'eix del regle graduat, però si coincideix una alta mesura aleshores aquesta serà en valor dels decimals. Així en el dibuix serà 15,40 mm.

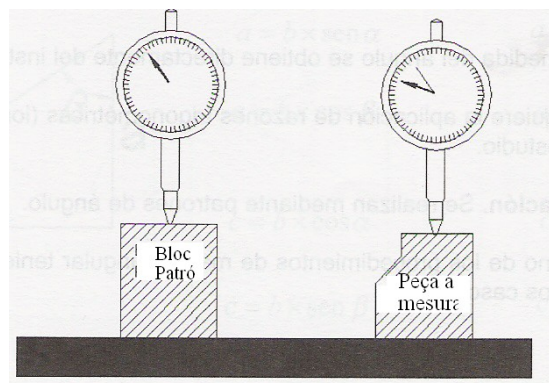


Mesures indirectes

També es poden fer mesures per comparació amb patrons de dimensions conegudes. Habitualment es fa servir el comparador de taller que té un camp d'acció de fins a 10mm i una precisió que pot variar d'un centèsim (0,01mm) a un deumil·lèsim de mil·límetre (0,0001mm). Els comparadors que més s'utilitzen són els que porten sistemes d'amplificació mecànica



Per verificar la lectura amb un comparador ha de situar-se la peça i els patrons sobre un marbre i posar en contacte el bloc patró amb l'extrem comparador. Aleshores es posa a zero l'esfera lectora i es repeteix la mesura per a la peça a mesurar. Llavors es detectarà una variació de l'agulla. Aquesta diferència és la que permet determinar el valor buscat.



Mesura amb comparador

11.4 Mesura i comprovació d'angles

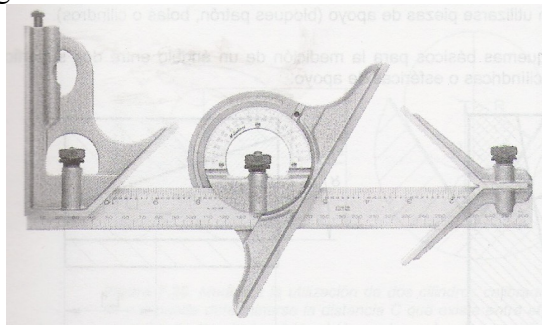
Per a la mesura i comprovació d'angles se sol emprar, se es pot, procediments de lectura directa que no requereixen cap mena de càlculs. Tanmateix, de vegades, això no és possible i en aquest cas es fa servir el procediment de mesura trigonomètrica. També es poden fer mesures d'angles utilitzant patrons bé de manera directa o per comparació.

Mesura d'angles	Mesura directa	
	Mesura trigonomètrica	
	Mesura indirecta	Comparació
		Patrons
	Mesura directa amb patrons	

Mesura directa d'angles

La mesura directa d'angles es fa mitjançant els transportadors o goniòmetres. Com a exemple d'aquests aparells tenim el Transportador Universal i el Goniòmetre Òptic Universal

- **Transportador Universal:** Està format per un escaire que va unit a un cercle graduat. Aquest cercle ha estat dividit en quatre parts corresponents al quatre quadrants. Per mesurar l'angle s'ha de fer coincidir el costat del regle i el de l'escaire amb els dos costats de l'angle. Un cop fet això només cal llegir sobre el cercle la mesura de l'angle.



- **Goniòmetre Òptic Universal:** Està format per un limbe o cercle graduat i dividit en quatre quadrants que està protegit amb una caixa. La lectura es fa mitjançant un sistema de lents. De vegades el resultat el presenta de forma digital.



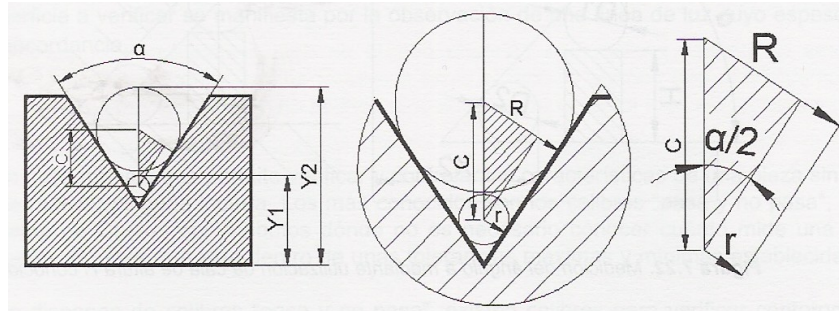
Mesura trigonomètrica d'angles

Aquest procediment utilitza com a suport les fórmules bàsiques de les raons trigonomètriques sinus, cosinus i tangent i les seves recíproques cosecant, secant i cotangent. Però no sempre la determinació de les dades necessàries per aplicar les raons trigonomètriques són fàcils d'aconseguir. Per això se sol recórrer a peces que serveixin de recolzament i facilitin la seva obtenció.

- **Mesura sobre peces de recolzament:** Si el que es vol es mesurar algunes peces complexes o de difícil accés, aleshores es fan servir blocs patró, boles o cilindres. A més, algunes de les dimensions s'han de mesurar amb els instruments habituals de mesura longitudinal. El grau de complexitat dependrà de la disposició de l'angle i de la dificultat d'accés. Per il·lustrar tot això veurem tres exemples:

- **Mesura d'un angle la bisectriu del qual és perpendicular a la cara de referència**

En aquest exemple farem servir dues boles calibrades de radis R i r . L'objectiu serà determinar la distància C entre els centres de les dues boles un cop ja han estat col·locades a l'interior de l'angle. Per poder determinar l'angle haurem de determinar les distàncies respectives Y_1 Y_2 del punt més alt de les boles respecte de la cara que hem agafat com a referència i que és perpendicular a la bisectriu de l'angle.



Un cop determinats els valors determinarem C mitjançant l'expressió:

$$C = (Y_2 - R) - (Y_1 - r) = Y_2 - Y_1 + r - R$$

Aleshores per determinar l'angle recorrerem al sinus de l'angle meitat. Així,

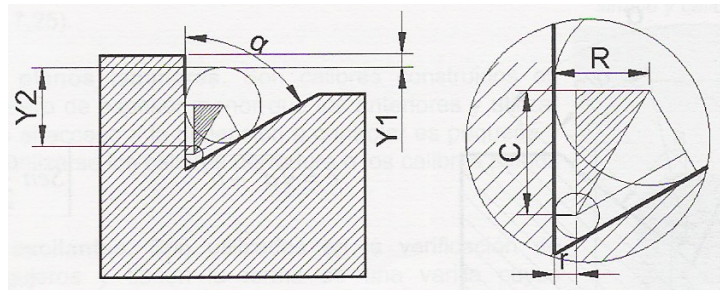
$$\sin \frac{\alpha}{2} = \frac{R - r}{C} = \frac{R - r}{Y_2 - Y_1 + r - R}$$

- **Mesura d'un angle un costat del qual és perpendicular a la cara de referència**

Com en el cas anterior aquí també farem servir dues boles calibrades de radis R i r . Però en aquest cas farem servir la tangent de l'angle.

$$\tan \frac{\alpha}{2} = \frac{R - r}{C}$$

El valor de C serà la distància entre els extrems superiors de les boles mesurats sobre la paret vertical de l'angle. Per això aquí mesurarem Y_1 Y_2 que seran respectivament la profunditat de la bola gran i la diferència de profunditats entre les dues boles.



Així

$$C = (Y_2 + r) - (Y_1 + R) = Y_2 - Y_1 + r - R$$

I el valor de l'angle el podem determinar amb:

$$\tan \frac{\alpha}{2} = \frac{R - r}{Y_2 - Y_1 + r - R}$$

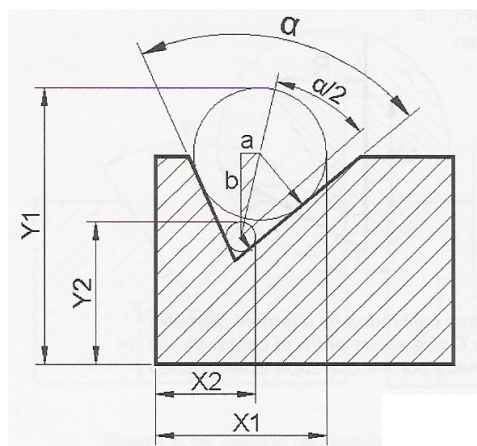
▪ **Mesura d'un angle asimètric respecte a les cares de la peça**

També en aquest tercer exemple utilitzarem dues boles o dos cilindres per obtenir el valor de l'angle. Aquest cas és més general que els anterior ja que el triangle és asimètric i cap costat és ni paral·lel ni perpendicular a les cares de la peça.

Quan ens trobem amb un cas així, haurem d'escollir com a referència una cara vertical i una altra d'horitzontal i mesurarem les distàncies horitzontals, X_2 i X_1 , i verticals, Y_2 i Y_1 , corresponents als punts més allunyats de l'esfera petita i de l'esfera gran respectivament.

L'objectiu serà també determinar la distància C entre els dos centres de les esferes ja que el sinus de la meitat de l'angle buscat serà

$$\sin \frac{\alpha}{2} = \frac{R - r}{C}$$



Si observem la figura anterior podem veure que en el triangle ratllat la hipotenusa C és precisament la distància entre els dos centres. Aleshores, determinarem els seus dos catets a i b la manera següent:

$$a = (X_1 - R) - (X_2 - r) = X_1 - X_2 + r - R$$

$$b = (Y_1 - R) - (Y_2 - r) = Y_1 - Y_2 + r - R$$

Aleshores determinarem la C de manera senzilla aplicant el teorema de Pitàgores

$$C = \sqrt{a^2 + b^2}$$

Així,

$$\sin \frac{\alpha}{2} = \frac{R - r}{\sqrt{(X_1 - X_2 + r - R)^2 + (Y_1 - Y_2 + r - R)^2}}$$

ACTIVITATS

1. Amb dues boles calibrades de 30 i 80 mm de radi volem mesurar un angle la bisectriu del qual és perpendicular a la base de la peça. Hem col·locat les boles a dins de l'angle i hem mesurat la distància que hi ha des de la base de la peça a l'extrem superior de cada bola i ens ha donat 350 i 569 mm. Determina quants graus mesura aquest angle.

2. Volem mesurar un angle que té una cara perpendicular a la base de la peça. Per això utilitzarem dos cilindres calibrats de diàmetres 50 i 100 mm respectivament. Els hem col·locat a l'interior de l'angle i amb un peu de rei hem determinat la profunditat a la que es troben respecte a l'extrem superior de la cara perpendicular de l'angle i el resultat ha estat de 15 mm pel cilindre gros i de 160 mm el petit. Determina el valor de l'angle.

3. Volem mesurar un angle asimètric respecte a les diferents cares de la peça. En primer hem col·locat dos boles esfèriques de diàmetres respectius 40 i 100 mm respectivament. Després hem escollit dues cares perpendiculars com a cares de referència i hem determinat les distàncies horitzontals, $X_2 = 70$ i $X_1 = 270$ mm, i verticals, $Y_2 = 120$ i $Y_1 = 320$ mm, corresponents als punts més allunyats de l'esfera petita i de l'esfera gran respectivament. Amb aquestes dades determina quin és el valor de l'angle.

11.8. EXERCICIS

1. En l'assaig Martens hem determinat que l'amplada de la ratlla obtinguda sobre un material és de $a = 23,12 \mu\text{m}$. Quina serà la seva duresa?
2. Determina la duresa Brinell d'un material que ha estat assajat amb un penetrador de 7 mm de diàmetre. Si saps que la constant d'assaig és de 2,25 i que el diàmetre de l'empremta és de $d = 3,26 \text{ mm}$.
3. Hem dut a terme un assaig Vickers de 50 kg i s'ha obtingut una diagonal de l'empremta de 0,569 mm. Determina la duresa de l'empremta.
4. Si sabem que la duresa d'un material és 223 HV 100/20 quin seria el diàmetre i la profunditat de l'empremta.
5. Hem dut a terme un assaig Knoop de 5 kg i s'ha obtingut una profunditat de l'empremta de 0,00327 mm. Determina la duresa de l'empremta i la diagonal de l'empremta.
6. Una proveta d'acer de diàmetre $D_0 = 10,8 \text{ mm}$ i de 120 mm de longitud L_0 entre punts ha estat sotmesa a una càrrega de 90.000 N i amb una càrrega màxima de 150.000 N. El diàmetre en el lloc de la ruptura és de $D_1 = 8,2 \text{ mm}$ i la distància entre els punts és de 145 mm al final de l'assaig. Determina:
 - a) La tensió unitària inicial
 - b) La tensió màxima
 - c) L'elongació
 - d) L'estricció soferta per la proveta.
7. S'ha realitzat un assaig de tracció amb una proveta d'alumini de $D_0 = 13,8 \text{ mm}$ i de longitud inicial entre punts $L_0 = 100$. Els resultats obtinguts són els següents

Força (kN)	5	7,5	10	12,5	15	17,5	20
Longitud (μmm)	41	62	83	103	126	148	169

Calcula el mòdul de Young o mòdul elàstic.

8. Amb dues boles calibrades de 25 i 85 mm de radi volem mesurar un angle la bisectriu del qual és perpendicular a la base de la peça. Hem col·locat les boles a dins de l'angle i hem mesurat la distància que hi ha des de la base de la peça a l'extrem superior de cada bola i ens ha donat 360 i 599 mm. Determina quants graus mesura aquest angle.
9. Volem mesurar un angle que té una cara perpendicular a la base de la peça. Per això utilitzarem dos cilindres calibrats de diàmetres 50 i 100 mm respectivament. Els hem col·locat a l'interior de l'angle i amb un peu de rei hem determinat la profunditat a la que es troben respecte a l'extrem superior de la cara perpendicular de l'angle i el resultat ha estat de 20 mm pel cilindre gros i de 180 mm el petit. Determina el valor de l'angle.

10. Volem mesurar un angle asimètric respecte a les diferents cares de la peça. En primer hem col·locat dos boles esfèriques de diàmetres respectius 50 i 100 mm respectivament. Després hem escollit dues cares perpendiculars com a cares de referència i hem determinat les distàncies horitzontals, $X_2 = 80$ i $X_1 = 290$ mm, i verticals, $Y_2 = 130$ i $Y_1 = 350$ mm, corresponents als punts més allunyats de l'esfera petita i de l'esfera gran respectivament. Amb aquestes dades determina quin és el valor de l'angle.

12. CONTROL METROLÒGIC

Tota empresa que tingui un laboratori de metrologia haurà de dur a terme el control, la calibració i els manteniment dels equips de mesura. Solament així podrà demostrar que es capaç de fer productes d'acord amb les especificacions i així complir amb la norma ISO 9001.

El control metrològic és un dels components del sistema de qualitat. també se'l coneix com control d'equips de mesura, control de dispositius de mesura, sistema de control de mesures o anàlisi del sistema de mesura. A les diferents normes de gestió de la qualitat hi ha un seguit de requeriments de control metrològic. Així, a la ISO 9001 es diu:

La organización debe determinar el seguimiento y la medición a realizar, y los dispositivos de medición y seguimiento necesarios para proporcionar la evidencia de la conformidad del producto con los requisitos determinados.

La organización debe establecer procesos para asegurarse de que el seguimiento y medición pueden realizarse y se realiza de una manera coherente con los requisitos de seguimiento y medición.

Cuando sea necesario asegurarse de la validez de los resultados, el equipo de medición debe:

- a) calibrarse o verificarse a intervalos especificados o antes de su utilización, comparando con patrones de medición trazables a patrones de medición nacionales o internacionales; cuando no existan tales patrones debe registrarse la base utilizada para la calibración o la verificación;*
- b) ajustarse o reajustarse según sea necesario;*
- c) identificarse para poder determinar el estado de calibración;*
- d) protegerse contra ajustes que pudieran invalidar el resultado de la medición;*
- e) protegerse contra los daños y el deterioro durante la manipulación, el mantenimiento y el almacenamiento.*

Además, la organización debe evaluar y registrar la validez de los resultados de las mediciones anteriores cuando detecte que el equipo no está conforme con los requisitos. La organización debe tomar las acciones apropiadas sobre el equipo y sobre cualquier producto afectado. Deben mantenerse registros de los resultados de la calibración y la verificación.

Exemple:

Un dels productes d'un fabricant de paper per a envasat de productes alimentaris és un paper recobert per una capa de cera. Un dels requeriments de la qualitat d'aquest producte és el gramatge (pes per unitat de superfície) que en aquest cas té una tolerància de ± 1 gr/m². El gramatge es mesura per un procediment que consisteix essencialment en pesar una mostra de paper d'àrea específica, treure-li la cera i tornar-la a pesar. D'aquesta forma s'aconsegueix el gramatge de cera per diferència.

En aquesta mesura no hi ha un paper patró, solament hi ha un joc de peses patró per a calibrar la balança.

En un experiment per explorar la precisió del mètode, es fan 6 mesures de gramatge d'una mostra de producció. Els valors obtinguts són 12,1; 12,7; 11,6; 11,8; 11,5 i 10,7. El recorregut d'aquests valors és de $12,7 - 10,7 = 2,0$ que és més gran que la tolerància admesa.

- Una pregunta que ens podríem fer és si la variació dels resultats és deguda als instruments de mesura o a les irregularitats del paper.

- Aquesta variació dels resultats pot ser deguda al mètode de mesura que fa servir una petita quantitat de paper en un assaig que destrueix la mostra. La pregunta és si es podria millorar la precisió canviant el mètode.

12.1 Conceptes fonamentals

En el control de processos de mesura es denomina:

Input: al material l'estat del qual es vol determinar mitjançant un resultat de mesura.

Output: És el resultat de la mesura

Control metrològic: és el conjunt d'activitats que es porten a terme per a garantir que els processos de mesura compleixen els requeriments establerts per a ells.

Exactitud (*accuracy*): La exactitud d'un resultat de mesura és el grau de coincidència entre aquest resultat i el valor de referència acceptat. La exactitud es mesura mitjançant l'error:

$$\text{Error} = \text{resultat mesura} - \text{valor de referència}$$

El valor de referència també es denomina valor patró.

Exactitud d'un procés de mesura: És l'aptitud per a donar resultats propers a un valor de referència. Aquí, també es recorre a l'estadística. Es descompon l'error de mesura en dues parts:

- **biaix o error sistemàtic (*bias*)**
- **error aleatori**

$$\text{Error} = \text{error sistemàtic} + \text{error aleatori}$$

L'error aleatori: és variable i depèn d'una mesura a una altra. No es pot predir però es pot determinar uns marges de variació.

Precisió: és el grau de coincidència entre els resultats que s'obtenen quan es repeteix la mesura diverses vegades. És una mesura de la dispersió de l'error aleatori.

La resolució: La resolució d'un procés de mesura és la menor diferència que es pot obtenir entre dos resultats de mesura. En processos senzills com la lectura d'un termòmetre, la resolució coincideix amb la distància mínima entre dos indicacions de l'instrument. La resolució indica fins a quin punt té sentit la utilització de les fórmules estadístiques per a avaluar l'exactitud.

12.2 Calibració i patrons

Patró de mesura (*measure standard*): És alguna cosa a la que se li pot assignar un valor de referència per a verificar l'exactitud d'un procés de mesura. Un patró pot ser:

- **una mesura materialitzada:** Com per exemple una pesa d'1Kg o una resistència elèctrica de 100Ω.
- **un instrument de mesura:** Com un termòmetre patró.
- **un material de referència:** Com per exemple l'oli d'un viscosímetre. En general s'entén per material de referència a una substància de la qual es coneix una o diverses propietats de manera que poden ser utilitzades en la calibració d'un instrument, per avaluar un mètode de mesura o per assignar valors a materials.

El valor de referència que s'assigna al patró pot estar certificat, documentat, establert per consens o simplement ser un valor obtingut per l'usuari.

La calibració: La calibració d'un procés de mesura és el conjunt d'operacions que es realitzen per a establir la relació entre els resultats de mesura i un o diversos valors de referència.

En la pràctica, la relació entre el valor de referència i la lectura d'un instrument pot ser presentada de diverses maneres: Dos situacions habituals són:

- La lectura de l'instrument es refereix a la magnitud que es mesura. Per exemple un termòmetre que dona la temperatura en °C. En aquest cas l'objecte de la calibració serà establir la diferència entre els valors de referència i els valors que indica l'instrument. És a dir es tractarà d'obtenir el **biaix**.
- La lectura es refereix a una magnitud diferent a la que es vol mesurar. Aleshores la calibració consistirà a establir la fórmula matemàtica que relacioni les dues magnituds. Per exemple si volem determinar la viscositat d'un líquid farem servir el viscosímetre el qual proporciona el temps que triga un fluid a passar entre dues senyals. L'objectiu de la calibració serà l'aplicació de la fórmula que converteixi el temps en viscositat.

No s'ha de confondre la calibració amb l'**ajustament** que és una operació que es realitza sobre l'instrument per eliminar el biaix. L'**ajustament** és una mesura correctora que no sempre cal aplicar.

La calibració d'un patró: té com a finalitat assignar un valor de referència o establir validesa a una assignació prèvia. Per exemple: enviem una pesa d'1Kg a un laboratori acreditat perquè ho certifiquin. Però, retornen la peça amb un paper que certifica que el seu pes és de 1005 g. En el certificat d'una avaluació s'incorpora sovint una valoració de l'incertesa.

Incertesa (*uncertainty*): La incertesa s'associa a la proximitat major o menor dels resultats de mesura a un valor "veritable". En la metrologia es tracta d'un paràmetre que informa sobre la magnitud de les diferències que cal esperar entre els resultats de la mesura i el valor autèntic. Aquest concepte té dos problemes:

- El significat de "valor autèntic" no està clar en determinats sectors industrials.
- No hi ha consens sobre com expressar l'incertesa.
- Moltes vegades la incertesa es mesura sobre la calibració del patró en lloc de fer-ho sobre les mesures.

Hi ha dos bons consells pel que a fa a l'incertesa:

- Renunciar a condensar-la en un únic paràmetre i servir-se com a mínim de dos: **biaix** i **imprecisió**.
- No utilitzar el terme **incertesa** més que de manera qualitativa.

Fiabilitat: És la probabilitat de bon funcionament d'un instrument de mesura durant un temps determinat.

Traçabilitat: És la propietat del resultat d'una mesura o d'un patró de mesura que permet relacionar-lo amb patrons coneguts per una cadena de comparacions totes elles amb incerteses determinades.

12.3 Expressions del biaix i de la imprecisió

Suposem inicialment que volem avaluar amb exactitud un procés de mesura. Aleshores, denominarem X a la variable que ha estat objecte de mesura i admetrem que té una distribució normal. En aquest cas podrem avaluar l'exactitud del procés mitjançant dos paràmetres estadístics:

- **El biaix:** mitjana aritmètica dels valors de x – valor de referència.
- **La imprecisió:** la calcularem a partir de la desviació típica.

No obstant, no sempre resulta útil l'estadística per avaluar la exactitud. Per exemple: Si tots els resultats de la mesura són iguals no cal estadística, però tampoc es pot parlar de biaix ni de precisió.

Comença a ser útil l'estadística quan es disposa d'un conjunt de dades prou alt com perquè la variable s'hagi de considerar com a continua i sigui necessari agrupar els valor en classes.

Suposem que en un procés de mesures es realitzen n mesures. Aleshores designarem:

\bar{x} = mitjana de les mesures

x_0 = valor patró

$\bar{x} - x_0$ = valor estimat del biaix

$\pm 2 \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ = incertesa de la calibració

$\bar{x} - x_0 \pm 2 \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ = límits de confiança del biaix del 95%

ACTIVITATS

1. En una indústria química es vol calibrar un viscosímetre Brookfield LVT DV-1 digital, de resolució 0,1 mps (milipoises). Com a patró es fa servir oli subministrat per l'empresa Brookfield, amb un valor de referència de 50 mps. Es mesura 10 vegades la viscositat del patró, obtenint-se els valors de la taula següent:

x_i	51,3	50,3	51,7	51,5	50,9	50,9	51,8	50,7	50,9	51,1
-------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

- a) Determina la mitjana i la desviació típica d'aquest conjunt de mesures.
- b) Calcula el biaix, l'incertesa de calibració i els límits de confiança del biaix del 95%.

2. La mateixa indústria química de l'exercici anterior es planteja de calibrar un altre model de viscosímetre RVT DV-1 digital de resolució 1 mps, per al que ha fet servir oli de 500 mps. Com en el cas anterior s'han fet 10 mesures i s'ha obtingut els resultats següents:

x_i	516	517	517	516	515	513	512	517	515	511
-------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

- a) Determina la mitjana i la desviació típica d'aquest conjunt de mesures.
- b) Calcula el biaix, l'incertesa de calibració i els límits de confiança del biaix del 95%.

3. En una fàbrica de targetes de plàstic magnetitzades es desitja avaluar el biaix i la incertesa de calibració d'un micròmetre que es fa servir per mesurar l'altura de les targetes. Com a patró es fa servir una galga amb valor nominal de 54,991. Es fan cinc mesures i s'obté el resultat següent:

x_i	54,995	54,993	54,994	54,996	54,994
-------	--------	--------	--------	--------	--------

- a) Determina la mitjana i la desviació típica d'aquest conjunt de mesures.
- b) Calcula el biaix, l'incertesa de calibració i els límits de confiança del biaix del 95%.

4. En aquesta mateixa fàbrica, per avaluar la precisió de la mesura de l'alçada de les targetes es fa un experiment que consisteix a repetir cinc mesures diferent per quatre operaris.

Operari	Resultats					Mitjana	Variància
1	53,964	53,960	53,959	53,957	53,956		
2	53,953	53,958	53,956	53,957	53,953		
3	53,961	53,954	53,952	53,952	53,952		
4	53,961	53,957	53,957	53,955	53,953		

- a) Completa la taula següent.
- b) Per determinar la imprecisió s'aconsella fer la mitjana de les variàncies i després treure l'arrel quadrada de la variància mitjana que serà la desviació típica mitjana.
- c) Si la tolerància és de 0,11. La imprecisió és acceptable?

12.4 PLA DE CONTROL METROLÒGIC

La planificació de la qualitat requereix plans de control metrològics més o menys formalitzats. L'objectiu d'un pla de control és garantir que els equips d'inspecció, mesura i assaig, el personal i els procediments compleixen els requeriments, estan en condicions d'ús i han estat correctament calibrats.

En la majoria dels casos no existeix formalment un pla de control sinó que aquest està descompost en plans locals per a les matèries primeres, per al procés de producció, o per al producte acabat.

El pla de control ha d'especificar els equips a controlar, els responsables de les operacions de control, els procediments establerts, les instruccions que descriuen com han de realitzar-se les operacions, la freqüència de calibrat i el manteniment dels equips. Per això s'estableixen dos requeriments:

- Els equips de mesura han de calibrar-se abans de la seva posada en servei i, posteriorment, quan sigui necessari, d'acord amb el programa de calibració establert, ja que les característiques de mesura dels equips es degraden amb el pas del temps i amb el seu ús.
- El programa global de calibració dels equips s'ha de concebre i ha d'aplicar-se de manera que pugui assegurar-se la traçabilitat, en relació als patrons existents. Si no es possible la traçabilitat d'acord amb els patrons existents aleshores el laboratori haurà de posar de manifest la correlació o l'exactitud dels resultats dels seus assaigs.

Per desenvolupar un pla de control metrològic es pot seguir un guió com el següent:

1. Establir l'abast del sistema de qualitat. A quins productes afecta?
2. Establir els requeriments de qualitat que han de complir els productes afectats pel sistema. Quins atributs? Quines característiques mesurables? Quins són els límits de tolerància?
3. Identificar els dispositius de seguiment y mesura que proporcionen evidència que el producte compleix els requeriments de la qualitat. Aquí comença el control metrològic.
4. Establir els requeriments de seguiment i mesura. Quina resolució ha de tenir? Quin és l'error màxim permès?
5. Validar (verificar que es compleixen els requeriments establerts) el dispositiu de seguiment i mesura abans de començar a utilitzar-lo.
6. Efectuar el control del dispositiu per a garantir que se segueix complint els requeriments. Això es fa amb unes verificacions que es realitzen d'acord amb els procediments i instruccions de treball.
7. Mantenir registres de la validació i de les verificacions posteriors.

La **validació** es fa un sol cop mentre que les **verificacions** es repeteixen amb una certa periodicitat que be indicada en la documentació del sistema de qualitat.

Un model d'imprès per a dur a terme un control metrològic per a unes balances pot ser el següent:

Empresa	Pla de control metrològic					
Balances	Tolerància garantida	Incertesa màxima	Control dels equips			
			Operació	Freqüència	Personal	Mètode

Requeriments metrològics

El primer requeriment metrològic que es necessita és la **resolució**. Aquesta dada és fàcil de trobar ja que la proporciona el propi dispositiu de mesura.

Els dos requeriments fonamentals són el **biaix** i la **precisió**. Però, una manera pràctica de plantejar la qüestió és establir un límit de l'error. Aquest es designa com **error màxim permisible**.

Un cop establert l'error màxim permisible, la norma ISO 9001 obliga a garantir de forma continuada i amb evidències objectives que aquest límit no es supera. El conjunt d'operacions necessàries per a dur a terme aquesta garantia es denominen confirmació metrològica.

La confirmació metrològica inclou la calibració o verificació, els ajustaments, les reparacions, les recalibracions, la comparació amb els requeriments metrològics etc.

Un cop fixat l'error màxim permisible es determina el biaix i la imprecisió. La precisió pot ser determinada amb un **estudi de precisió**. Si la precisió és suficient, aleshores es determina el **biaix**. La precisió es determina sobre la mostra mentre que el biaix es determina sobre el patró.

Una regla que se sol fer servir i que acostuma a donar bons resultats és:

$$\text{biaix} + \text{imprecisió} \leq \text{Error admissible}$$

o si es prefereix el seu equivalent:

$$\text{Error total} = \text{Error sistemàtic} + \text{Error aleatori} \leq \text{Error admissible}$$

Documentació del pla metrològic

Una manera senzilla de documentar el pla de control metrològic és fer una fitxa per a cada instrument de control. El contingut d'aquesta fitxa ha de completar-se amb el calendari d'actuacions.

La fitxa ha de contenir:

Fitxa de control metrològic	
<i>Codi</i>	Serveix per identificar l'instrument
<i>Descripció de l'instrument</i>	
<i>Resolució</i>	Solament caldrà especificar-la quan hi hagi instruments idèntics amb diferent resolució.
<i>Ús i localització</i>	On es troba i perquè es fa servir
<i>Interval de treball</i>	Són els valor que en mitjana se sol treballar
<i>Precisió</i>	Caldrà posar-la sempre que es pugui determinar
<i>Error màxim permisible</i>	
<i>Procés de calibració</i>	
<i>Interval de control</i>	És el període màxim que ha de passar entre dos confirmacions consecutives.
<i>Documentació d'interès</i>	

Les directrius generals del control metrològic es poden establir en el manual de qualitat.

Procediment de control

Un guió d'un **procediment de control** d'un equip de mesura pot ser el següent:

- *Objecte*: És el control de l'equip de mesura per assegurar que no se supera el límit d'error màxim permisible.
- *Abast*: Els equips de mesura afectats per aquest procediment.
- *Responsabilitats*: Cal especificar qui té la responsabilitat d'aquest document, qui té la responsabilitat de fer el control i qui serà el que el realitzarà.
- *Patrons*: Si el control inclou calibracions aleshores serà necessari detallar tota la informació relativa al patró.
- *Operacions*: Descriure les operacions que constitueixen el control indicant les operacions que donen lloc a resultats numèrics i les operacions matemàtiques que es realitzen.
- *Criteri d'acceptació*: Aquí s'especificarà quin és el criteri que han de complir els resultats obtinguts (p. ex. que el biaix sigui menor que 0,03 mm)
- *Accions correctives*: S'explicarà quines són les accions que s'han de dur a terme si l'equip de mesura no és conforme. Les més habituals són l'ajustament, neteja, reparació, canvi d'alguna peça o finalment, canvi de tot l'equip.
- *Registres*: S'explicarà com han de ser els registres de control.
- *Identificació de l'estat de control*: S'indica com s'identificarà l'estat de control de l'equip de mesura (p. ex. amb una etiqueta) La finalitat de la identificació és evitar que s'utilitzi un equip de mesura que no estigui en condicions.

Registres de control metrològic

Un registre és un document que presenta uns resultats obtinguts o proporciona una evidència que alguna activitat ha estat realitzada. La norma ISO 9001 obliga a mantenir registres de control metrològic.

Un registre ha d'incloure la informació següent:

- Identificació de l'equip afectat
- Procediment de control
- Data de verificació realitzada
- Decisió (Conforme/ No conforme)
- Identificació del responsable de la verificació.
- Acció correctiva (en cas de no conformitat)
- Data de la propera verificació.